亿欧智库

2021能源电力数字化转型研究报告

Energy and Power Digital Transformation Research Report 2021

亿欧智库 https://www.iyiou.com/research

Copyright reserved to EqualOcean Intelligence, March 2021

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

目录

CONTENTS

01 能源电力发展现状
Energy Power Development

02 能源电力数字化驱动力
The Driving Force of Energy Power Digitalization

03 新兴技术创新应用
Innovative Application of Emerging Technologies

04 能源电力数字化转型分析
Analysis of Energy Power Digital Transformation

05 能源电力数字化转型展望及建议
Prospects and Recommendations

前言

2021年作为新冠疫情多变之后的全新开启之年，面临着社会经济增长、产业全面复苏、技术创新应用的多方重任，同样作为中国“十四五”的开局之年，必将转向新的经济发展方向。新经济、新业态、新模式构筑的数字化经济生态将承担中国新的发展重任，以“大云物智移链”为代表的数字化技术将逐渐释新的价值活力。

能源电力作为保障日常民生的重要基础资源，是经济创新和文明进步的催化剂，能源革命的持续发展改变了全球能源供给结构，并深刻影响着全球经济发展进程。中国在“碳中和”行动蓝图规划下，奠定了未来绿色能源和可持续能源发展的主基调，从而进一步加速了中国能源从粗放、低效向节约、高效方向转变，这不仅对中国能源结构提出了新的挑战，同样对中国能源电力体制亦是重大挑战。

未来，以风电、光电等新能源为代表的分布式能源将进入全新发展期，而构建清洁、低碳、高效的能源体系，需由能源产业生态各方达成统一发展共识，从技术、标准、价格、市场等方面进行变革；虽然中国早已开启能源互联网建设，但在新的复杂环境下，能源电力变革依然路途漫漫。

在新基建的推动下，新型基础设施建设将为数字经济搭建底层平台。能源革命与数字革命融合成为必然趋势，数字化发展将对能源电力进行数字贯通和价值整合，推动能源电力业务在线化、智能化和数字化，重塑电力业务模式和商业模式，通过提升能源生产效率和供给效率，降低能源电力经营成本，激发新的服务模式。

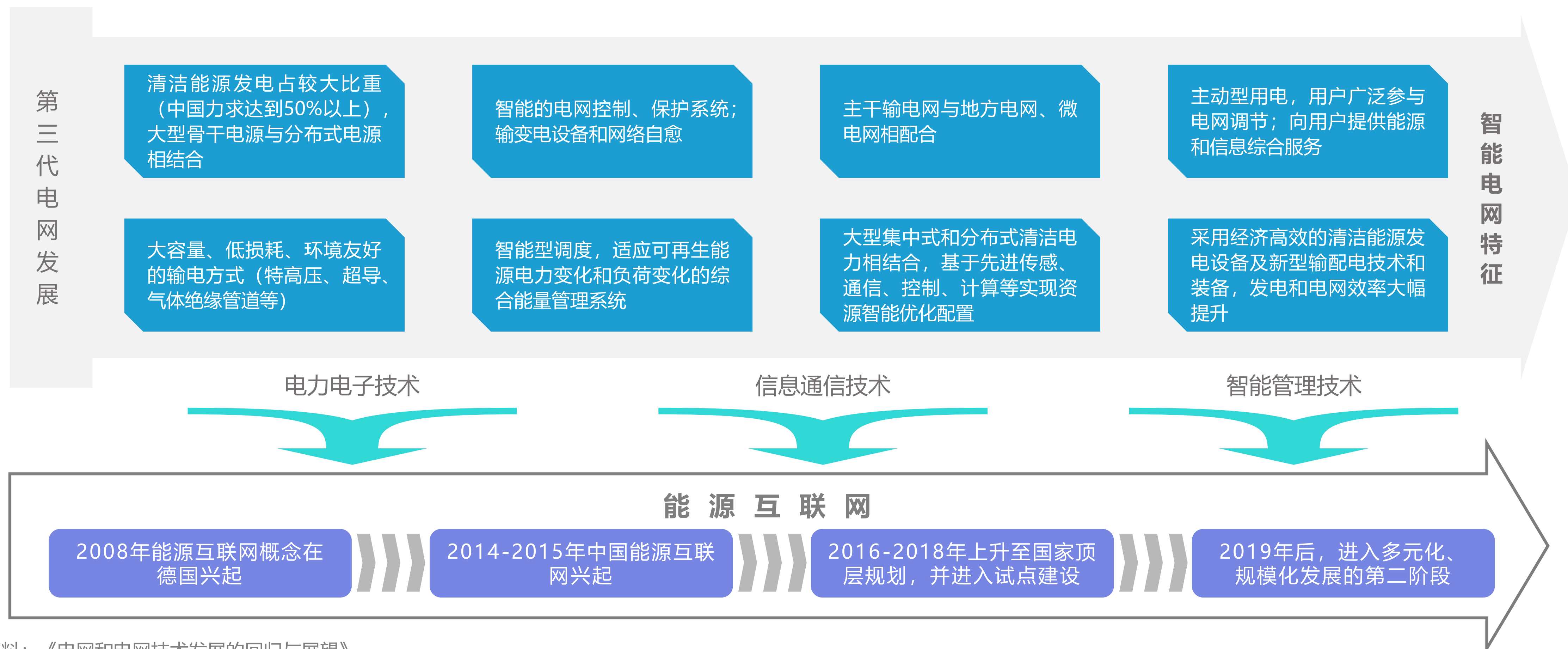
分布式能源、去中心化、能源即服务等新概念在“碳中和”目标下，将对中国能源电力生态产生重大影响，通过能源电力数字化转型方能进一步重塑能源价值链，引领能源电力市场进入良性循环阶段。

一、能源电力发展现状

Energy Power Development

能源电力在第三代智能电网基础上，不断向能源互联网丰富发展，并随着技术成熟逐渐迈向新的多元化阶段

- 20世纪末，受新能源革命兴起影响，以分布式发电、可再生能源电力、微电网为首的能源电力技术研发拉开了第三代电网发展建设的序幕；随着电力电子技术、信息通信技术和智能管理技术的发展成熟，推动了以第三代电网为基础的能源互联网崛起。



参考资料：《电网和电网技术发展的回归与展望》

能源互联网由六大板块组成，构造了能源电力绿色智能化发展的重要路径

- 能源互联网是以智能电网为基础、特高压电网为骨干网架、清洁能源为根本的新型能源体系，依托先进的电力电子技术、新一代信息通信技术和管理技术，推动能源转型发展，提升绿色能源应用占比并提高资源利用效率。
- 能源互联网核心围绕智能发电、智能储能、智能电网、智能管理和服务、智能电力市场、智能用电六大板块展开；通过电力基础设施、电力通信网络、前后端平台系统软件以及智能终端应用四大体系，构造能源互联网整体系统架构。

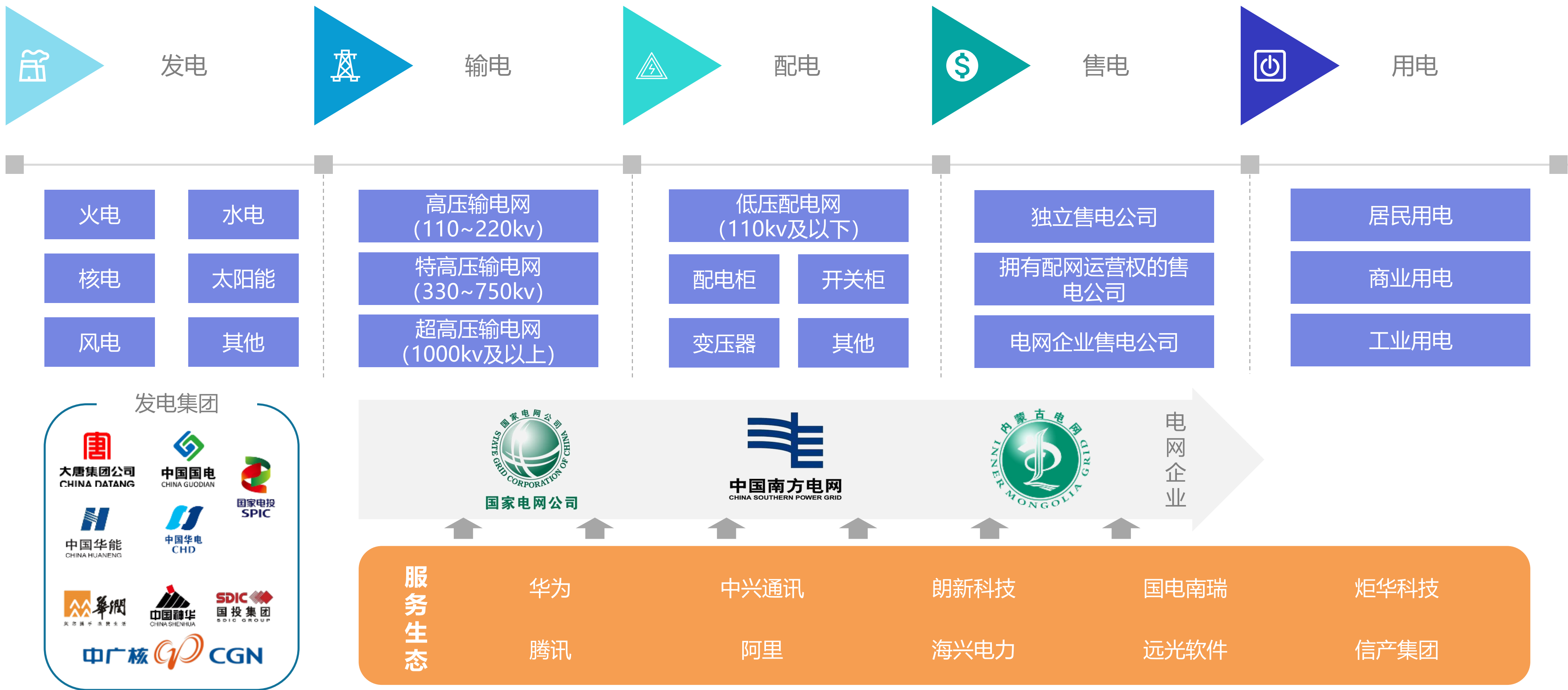


亿欧智库：能源互联网体系架构



能源电力产业环节简单，但产业上下游体系庞杂，能源电力企业集中度高，生态服务以中游电网公司为主要对象持续丰富

- 能源电力产业围绕发、输、配、售、用展开，产业链以此不断延伸，由于电力作为国家经济核心发展命脉，能源电力企业集中度高，上游发电企业以国有集团为主要代表，中游则由三大电网公司组成，电力服务生态围绕输配售环节重点发展。由于中游电网高集中度，企业在创新服务和智能化升级方面投入力度大，除外部生态服务商支持外，内部不断衍生新兴服务体系。

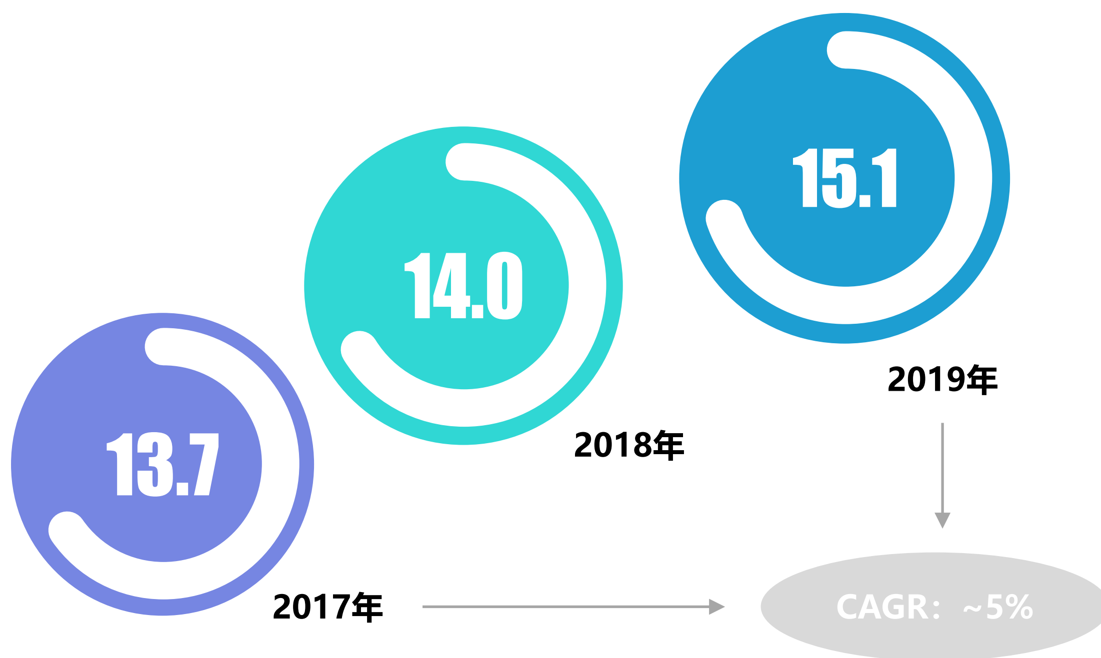


中国规模以上电力资产突破15万亿，电力投资完成额近三年保持稳定，新基建有望进一步刺激电力投资增长

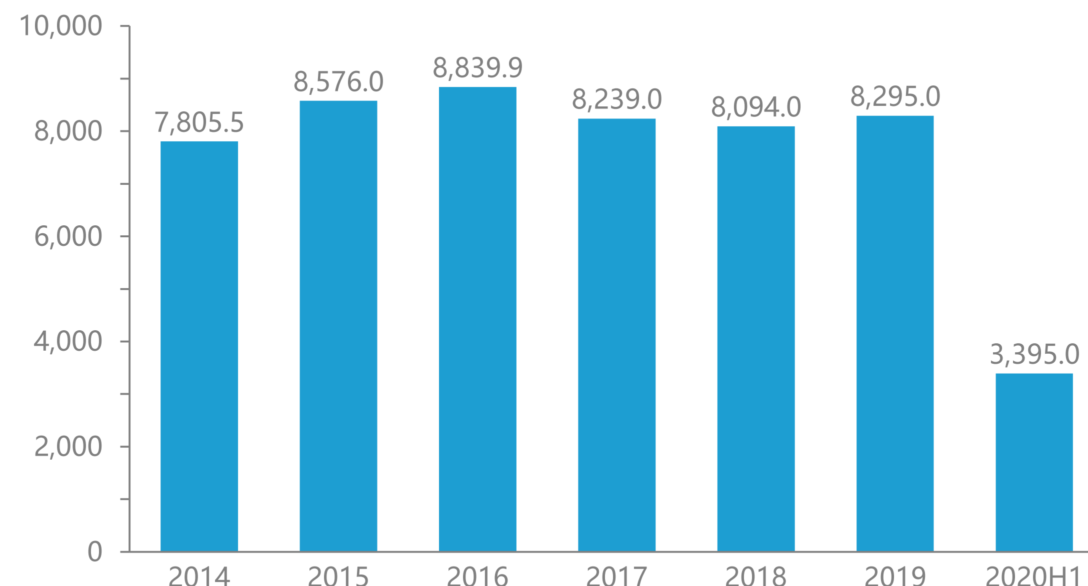
亿欧智库

- 根据国家统计局统计，2019年全国规模以上电力企业资产总额151,253亿元，比上年增长5.4%，增速比上年提高2.8个百分点。其中，电网企业资产总额比上年增长9.9%，发电企业资产总额比上年增长2.2%。
- 2019年，全国主要电力企业合计完成投资8,295亿元，比上年增长1.6%；2020年上半年，在疫情大环境影响下，全国主要电力企业合计完成投资3,395亿元、同比增长28.3%，在新基建拉动下，预计电力投资将持续加大，并刺激上下游相关产业快速发展。

亿欧智库：规模以上电力企业资产总额
单位：万亿元



亿欧智库：2014-2019年电力完成投资额
单位：亿元



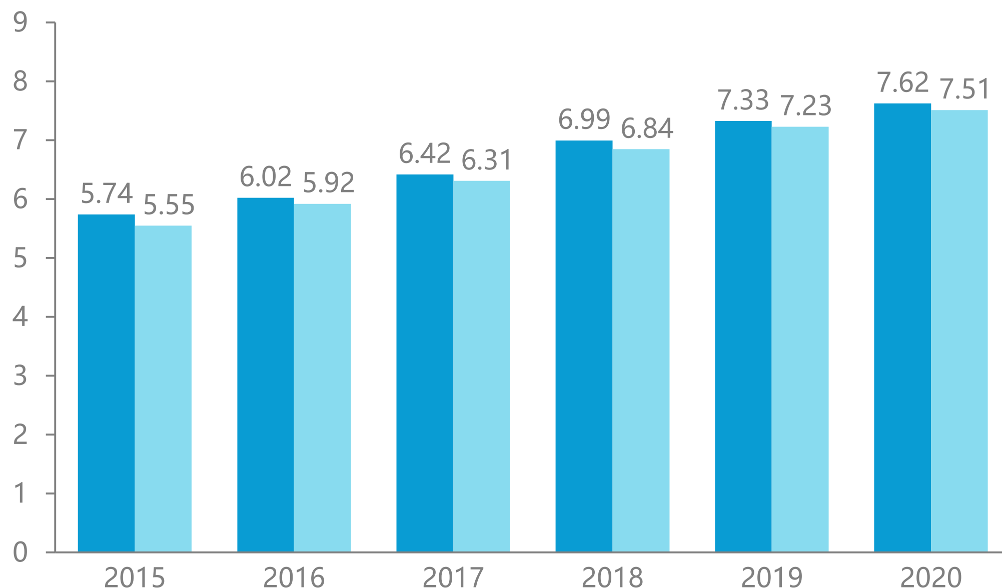
数据来源：国家统计局，Choice

中国全社会发电量和用电量稳步上升，未来随着新型基础设施和终端网络应用的发展，第三产业用电量将会明显上升

- 2020年全社会用电量比上年增长3.1%，一产、二产、三产和居民生活用电量同比分别增长10.2%、2.5%、1.9%和6.9%，“十三五”时期全社会用电量年均增长5.7%；全国全口径发电量为76236亿千瓦时，同比增长4.0%，“十三五”时期年均增长5.8%。
- 未来，随着充电桩、数据中心、5G基站等新型基础设施完善，第三产业的用电需求量仍将明显上升，随着大范围物联网设备普及，预计消费端用电需求量涨幅稳定，成为全社会用电量稳步增长的重要推动力之一。

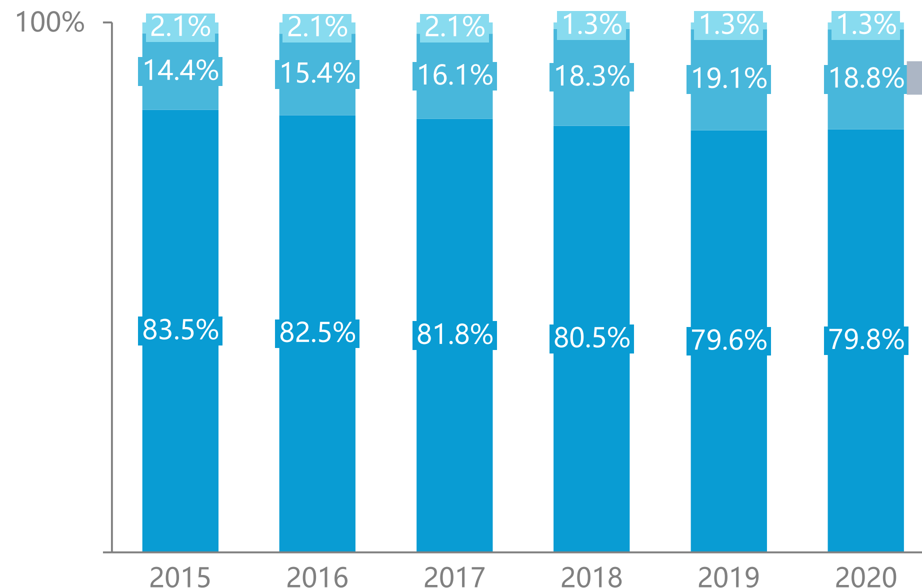
亿欧智库：2015-2020年中国发电量和全社会用电量

单位：万亿千瓦时



亿欧智库：2015-2020年中国三产业用电量占比

单位：%



新型终端耗电设施

- 充电桩
- 数据中心
- 5G基站
- 物联网设备
- 其他终端联网设备

数据来源：国家统计局，国家能源局，Choice，中国电力企业联合会

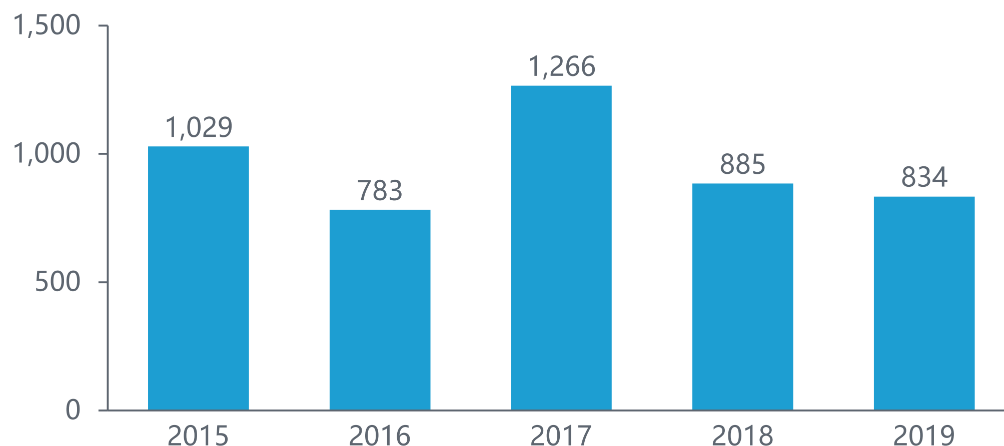
更多资料，欢迎访问 www.wenku120.com

中国可再生能源投资额在全球投资占比中遥遥领先，2019年电力企业科技投资额接近750亿元

- 中国已成为全球最大可再生能源投资国，2019年投资额达到834亿美元，占全球可再生能源投资的30%左右；同时，根据中电联历史数据显示，2019年中国电源投资完成额中，风电、核电、太阳能三类电源投资占比接近55%左右。
- 2019年，中国主要电力企业科技投入资金约为750亿元，主要包括电力电子技术、信息化技术等研发创新投入。

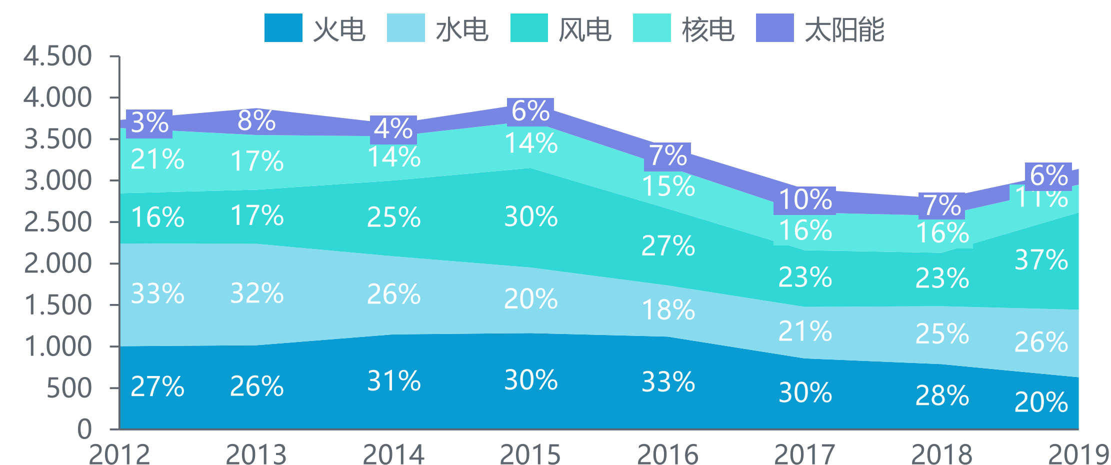
亿欧智库：2015-2019年中国可再生能源投资额

单位：亿美元



亿欧智库：2012-2019年中国电源投资额分类占比

单位：亿元，%



2019年主要电力企业科技投入资金



139.1亿元

发电企业



389.9亿元

电网企业



217.7亿元

电建企业

数据来源：UNEP，Frankfurt School-UNEP Centre,，BloombergNEF，Choice

二、能源电力数字化驱动力

The Driving Force of Energy Power Digitalization

更多资料，欢迎访问 www.wenku120.com

中国远景目标和“十四五”主要目标中，对绿色能源重视度持续提高，进一步明确绿色可持续能源的发展方向

- 十九届五中全会提出了2035年远景目标和“十四五”时期经济社会主要发展目标，其中明确提出形成广泛的绿色生活方式和减少污染物排放量，因此在能源电力方面，清洁绿色能源未来将会成为重点发展趋势。

政策名称	发布机构	发布时间	主要内容
关于促进智能电网发展的指导意见	国家发展改革委，国家能源局	2015-07-07	到2020年，初步建成安全可靠、开放兼容、双向互动、高效经济、清洁环保的智能电网体系，实现清洁能源的充分消纳，提升输配电网络的柔性控制能力
关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见	国家发展改革委	2016-02-29	2016-2018年，着力推进能源互联网试点示范工作；2019-2025年，着力推进能源互联网多元化、规模化发展，初步建成能源互联网产业体系，成为经济增长重要驱动力
关于可再生能源发展“十三五”规划实施的指导意见	国家能源局	2017-07-19	加强可再生能源目标引导和监测考核、加强可再生能源发展规划的引领作用、加强电网接入和市场消纳条件落实、创新发展方式促进技术进步和成本降低、健全风电、光伏发电建设规模管理机制
《关于促进储能技术与产业发展指导意见》	国家发展改革委，国家能源局，工信部、财政部	2017-10-11	储能是构建能源互联网，推动电力体制改革和促进能源新业态发展的核心基础；“十三五”期间，建成一批不同技术类型、不同应用场景的试点示范项目；“十四五”期间，储能项目广泛应用，形成较为完整的产业体系，成为能源领域经济新增长点
国家能源局综合司关于做好可再生能源发展“十四五”规划编制工作有关事项的通知	国家能源局	2020-04-09	推动可再生能源持续降低成本、扩大规模、优化布局、提质增效，实现高比例、高质量发展，为推动“十四五”期间可再生能源成为能源消费增量主体，实现2030年非化石能源消费占比20%的战略目标奠定坚实基础。

亿欧智库：十九届五中全会公报能源电力领域要点整理

“十四五”时期经济社会发展的主要六大目标之一

生态文明建设实现新进步，国土空间开发保护格局得到优化，**生产生活方式绿色转型成效显著，能源资源配置更加合理，利用效率大幅提高，主要污染物排放总量持续减少，生态环境持续改善，生态安全屏障更加牢固，城乡人居环境明显改善。**

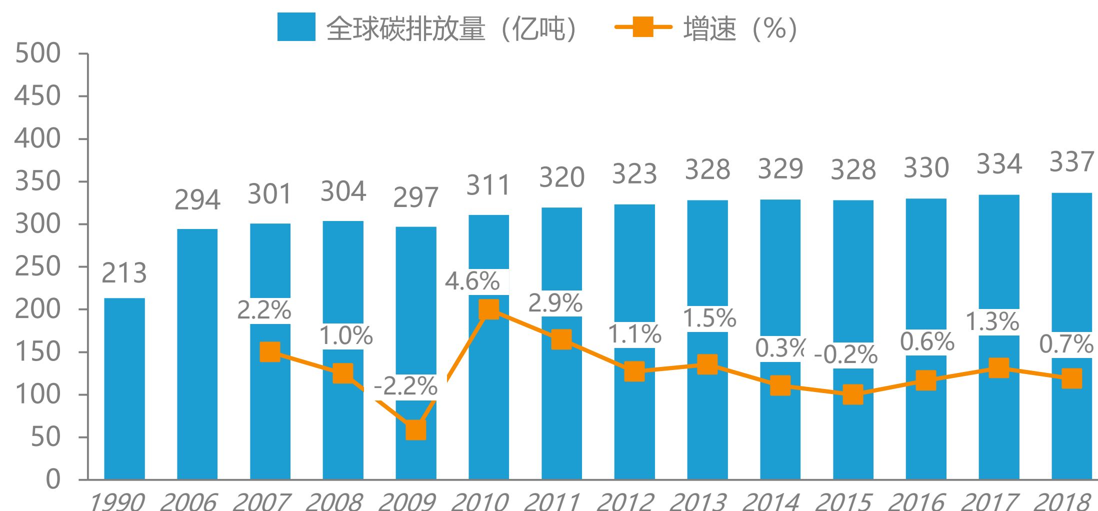
2035年远景目标

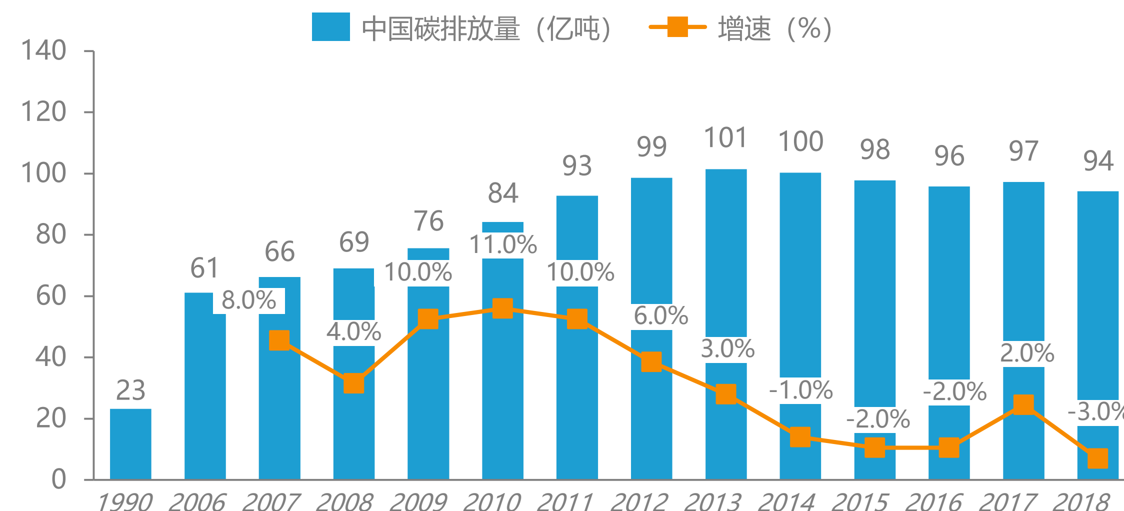
广泛形成绿色生产生活方式，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现。

“十四五”规划建议内容

加快壮大新能源产业，推动互联网、大数据、人工智能等同各产业深度融合；推进数字产业化和产业数字化，推动数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群。

中国碳排放量自2013年来持续降低，增速远低于全球排放增速，随着“碳中和”的目标规划，电力领域将领先启动转型措施





中国实施“碳中和”宏观背景

国家政策大力驱动中国低碳转型

- 2020年9月，习近平主席在联合国大会上宣布，**中国将努力争取2060年前实现碳中和**；2020年10月，五部委联合发布《关于促进应对气候变化投融资的指导意见》。目标包括制订新标准和新规定，鼓励民间资本和外资进入气候投融资领域，深化气候投融资国际合作。

零碳电力经济效益显著

- 发电产生的二氧化碳占中国能源相关总排放量的51%左右，2018年煤电占中国总供电量的66%。
- 中国40%燃煤电站在2018年已经处于亏损状态，如果中国电站业主按照《巴黎协议》淘汰自有电厂，则可以减少3900亿美元的亏损。

中国“碳中和”实施现状

当前碳排放量下降速度不足以完成碳中和目标

- 国际能源署（IEA）估计，在现行政策下，中国能源相关的二氧化碳排放量将是《巴黎协定》减排路径下排放量的三倍以上。
- 清华大学分析认为，中国的排放量需在2030年之前达到峰值，然后以8-10%的速度迅速下降，才能于2050年实现二氧化碳排放净零，总体温室气体排放将于2060年前实现净零。

全国碳排放交易体系尚未全面覆盖

- 中国于2017年推出全国碳排放交易体系。截至2020年11月，企业尚未开始全面配额交易，但生态环境部最近的声明表明准备工作进展顺利，预计交易将很快启动。该体系将首先覆盖电力行业，并逐渐覆盖化工、钢铁、混凝土、有色金属等行业。

重点领域及发展建议

重点领域

- Vivid Economics的PRI “必然的政策回应” （IPR）项目针对中国制定政策建议涉及总体气候雄心和关键脱碳行业包括：电力、道路运输、建筑和工业。

政策建议

- 开展并发布气候变化对中国经济和社会的影响评估和分析，以及到2060年前实现碳中和目标（包括阶段性目标）的路径，并制定实现目标的全套政策。
- 提高全国碳排放交易体系的有效性和覆盖面，措施包括：根据碳中和目标设定相应的温室气体排放上限；引入碳排放配额盈余的修正机制；公布电力行业和其他行业（如石化、化工、建 材、钢铁、有色金属、造纸和国内航空）的覆盖时间表。

数据来源：BP世界能源统计图鉴、负责任投资原则（UNPRI）《中国实现碳中和的路径建议》

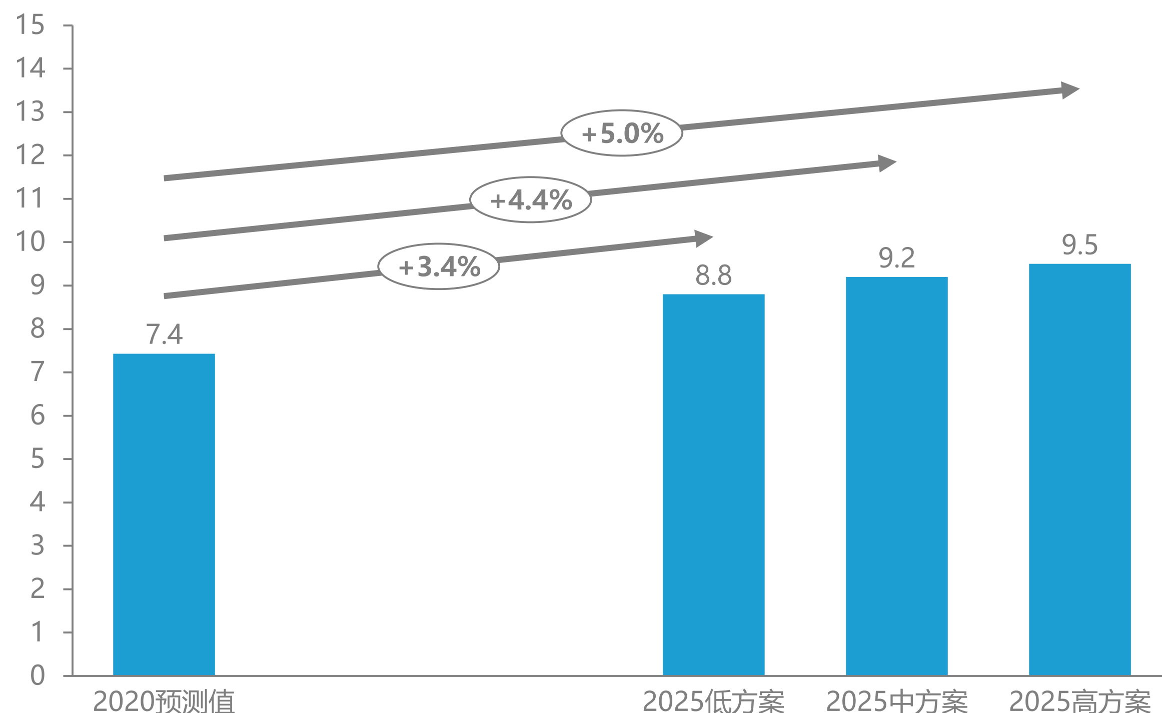
更多资料，欢迎访问　www.wenku120.com

未来产业用电结构将向战略性产业和现代服务业转变，清洁能源将加快传统能源替代进程

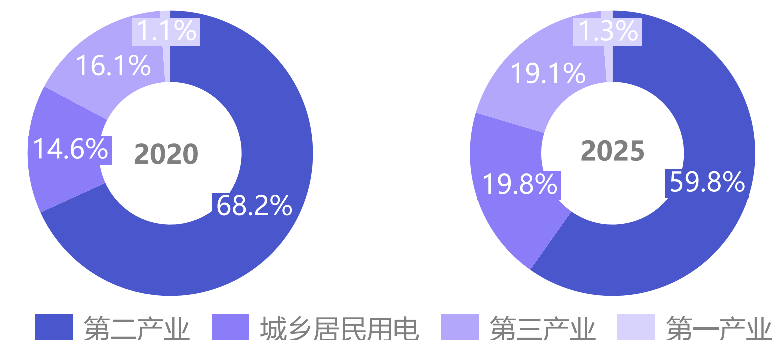
◆ 根据全球能源互联网发展合作组织预测，中国2025年全社会用电量在8.8~9.5万亿千瓦时之间，结合中国经济发展情况、城镇化建设、电气化等因素，保守估计在9.2万亿千瓦时；而随着经济发展方式和产业结构的调整变化，战略性新兴产业和现代服务业将成为用电增长的主要动力，第二产业2025年用电占比约下降至60%左右，未来在能源技术变革下，清洁能源将主导能源生产方式。

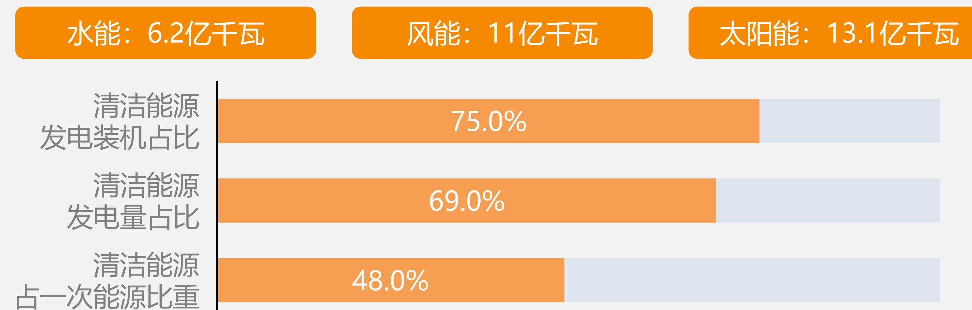
亿欧智库：“十四五”全社会用电量预测结果

单位：万亿千瓦时



亿欧智库：2020-2025年中国分产业用电结构

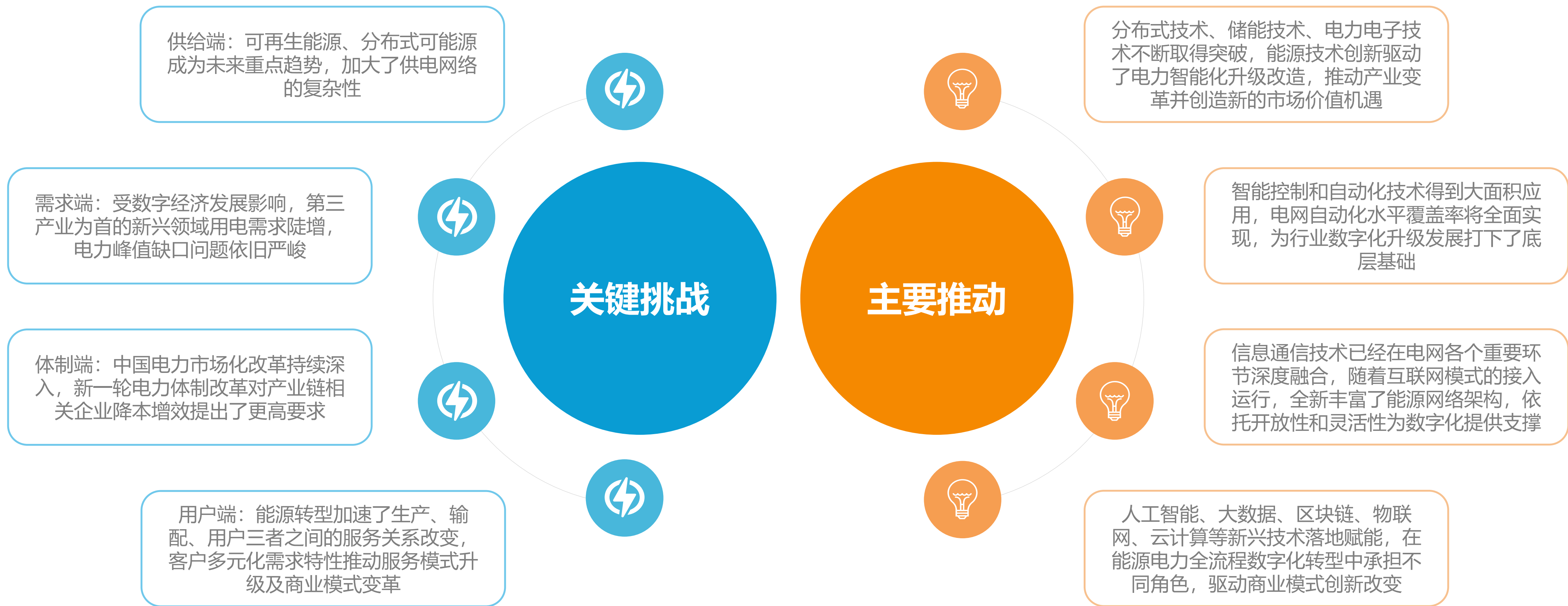




数据来源：全球能源互联网发展合作组织《中国能源转型与“十四五”电力研究规划》

新基建加速了中国新型数字化基础设施建设，与之伴随而来的是能源电力需求激增，成为能源电力发展的全新挑战和推动力

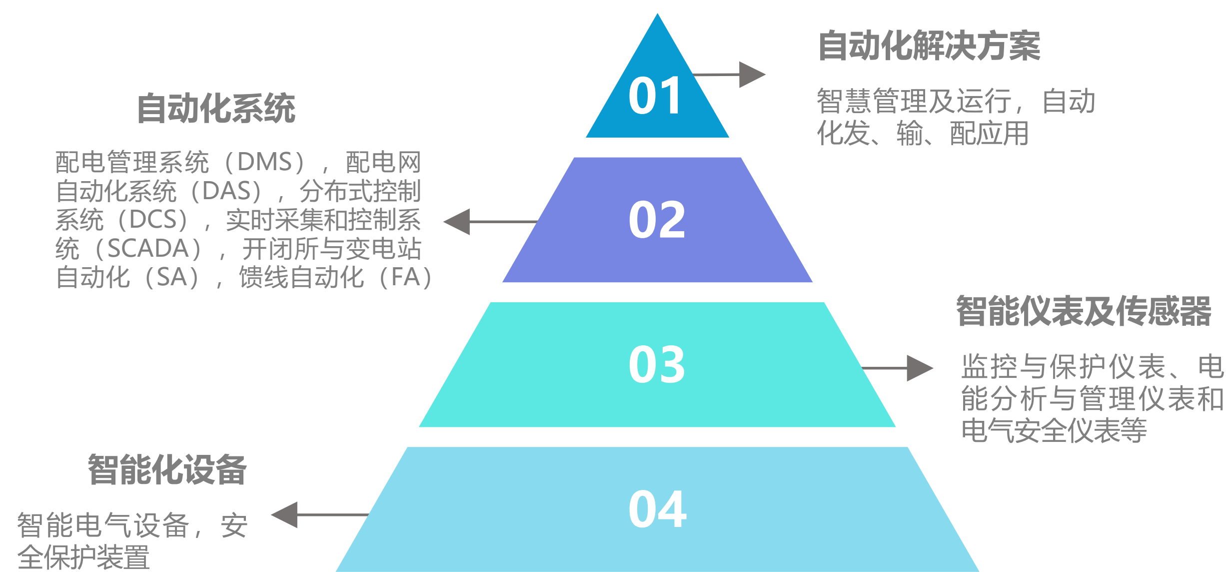
- 2021年后疫情时代，中国经济在“新基建”的推动下将会产生新的价值机遇，无论是新型基础设施建设，还是传统产业智能化、数字化改造，对能源电力的需求都将持续增加，且更加可持续化和精准化，与此同时能源供需结构优化、创新供给技术应用都给能源电力发展带来了诸多挑战，而相应的电力技术升级、能源网络升级和新兴技术成熟落地成为推动能源电力数字化转型的重要驱动。



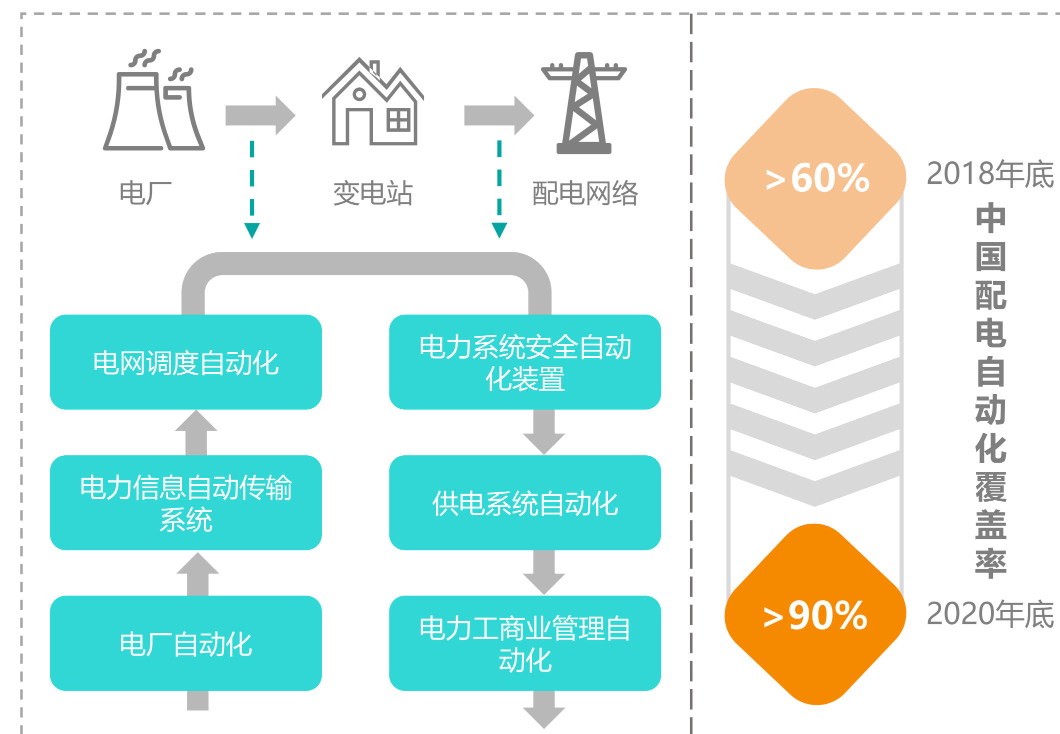
中国能源电力经过持续多年的技术升级创新，自动化水平不断提升，随着未来大规模覆盖，将为电力数字化转型提供有效支撑

- 能源电力自动化改造经过多年发展，已形成软硬结合的创新路径，由智能化设备、智能仪表及传感器、自动化系统及自动化解决方案共同组成电力体系的自动化发展架构，为电力信息化、智能化、数字化升级转型提供了基础支撑。
- “十三五”期间，国家发改委、国家能源局相继出台多项文件促进配电网建设，推动配电自动化覆盖率，根据国网信息显示，2018年配网自动化覆盖率已经达到60%以上；随着建设工作的持续推进和深入，预计2020年配网自动化覆盖率将会达到90%。

亿欧智库：能源电力自动化发展架构

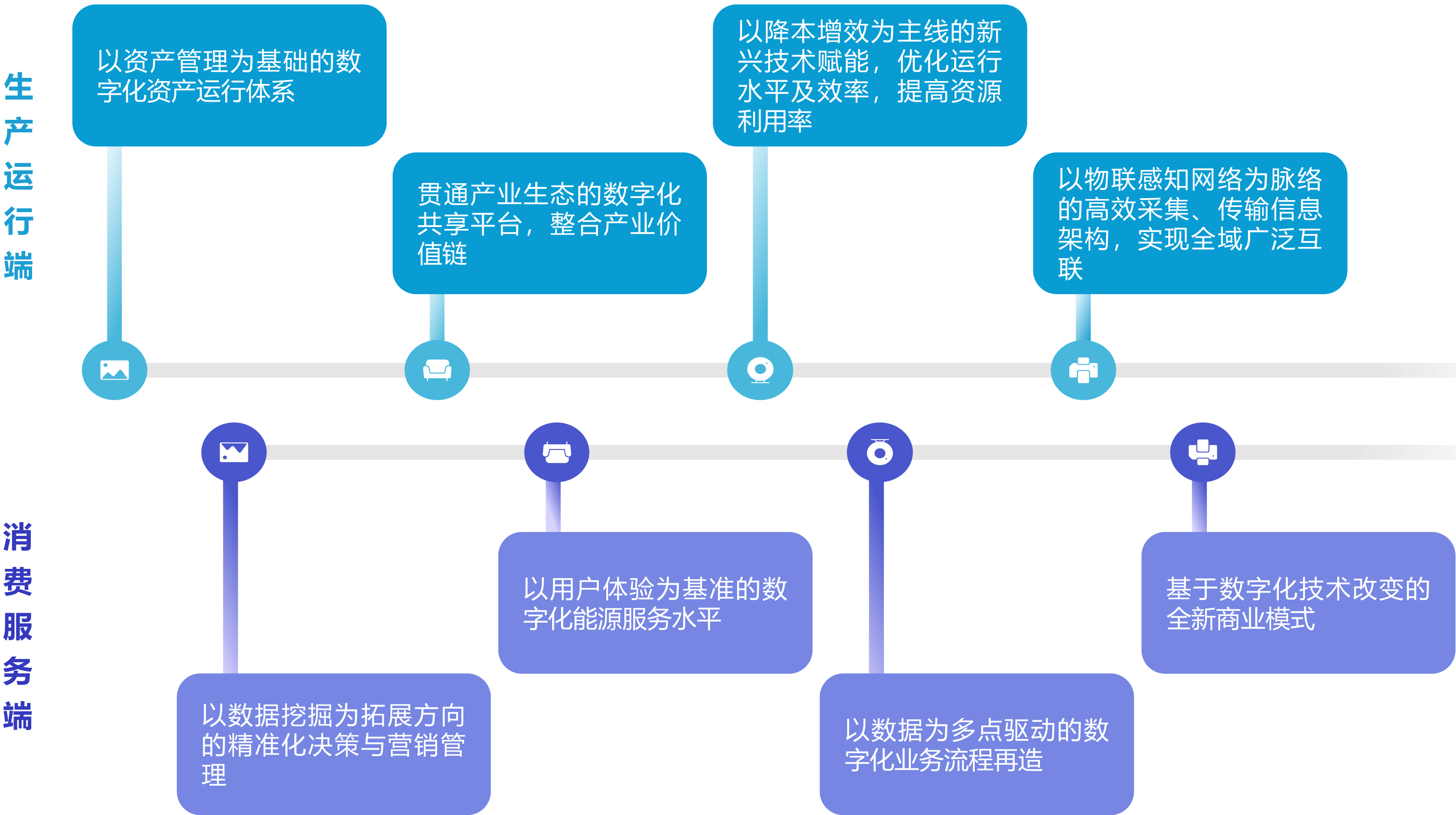


亿欧智库：能源电力自动化应用流程及覆盖率



数据来源：国家电网

能源电力数字化转型围绕两端进行，以生产运行端为代表的生产供给转型，以消费端为代表的商业服务转型



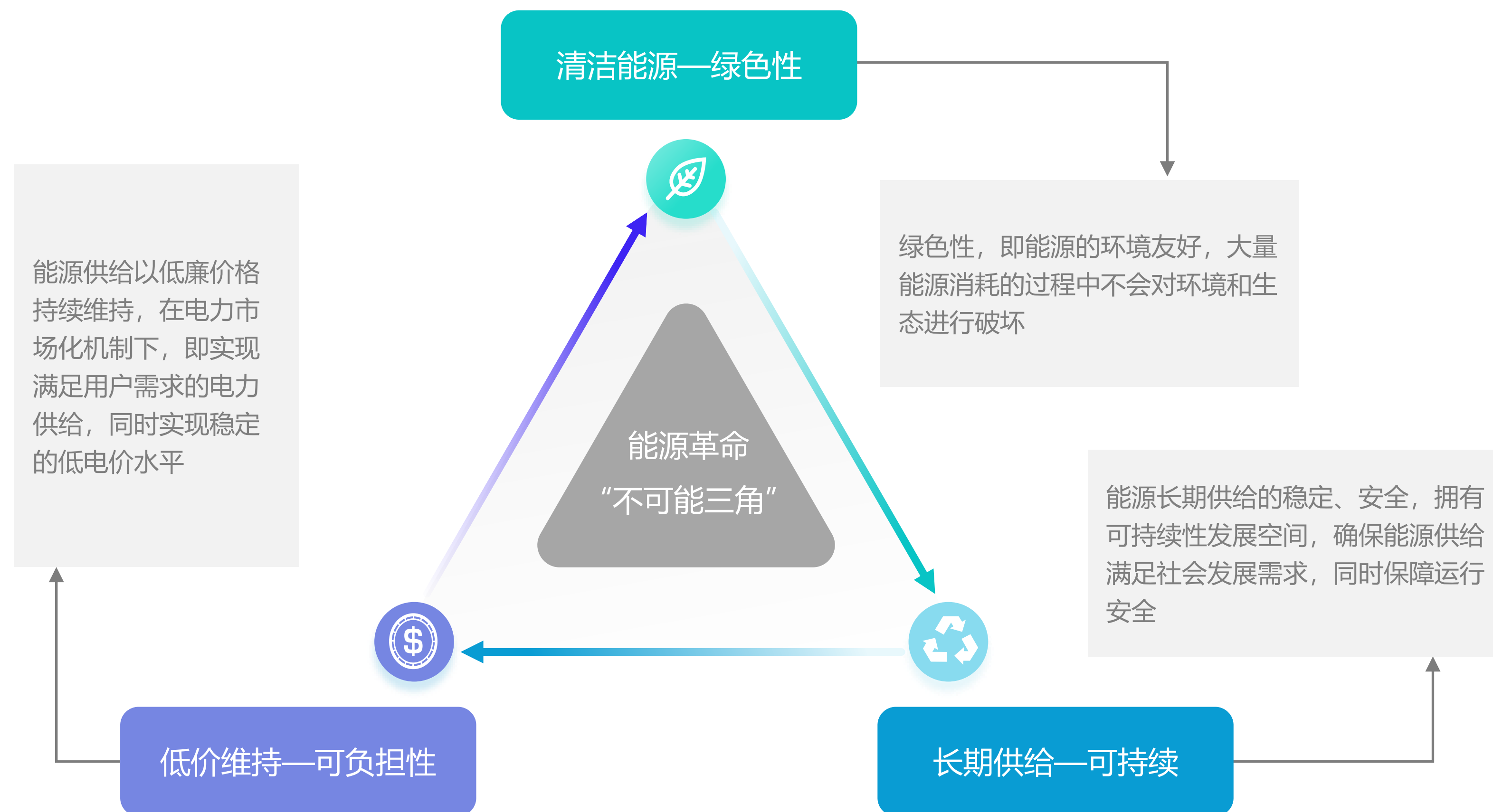
- 能源电力企业在数字化转型的驱使下，首先围绕企业的生产运行展开一系列升级优化，依托自动化进行覆盖延伸，通过新兴技术赋能，提升能源供给水平及效率，同时经过内部数字化改造，在设备资产管理、供应链生态平台搭建、数据信息全域互联方向上进行整合创新。

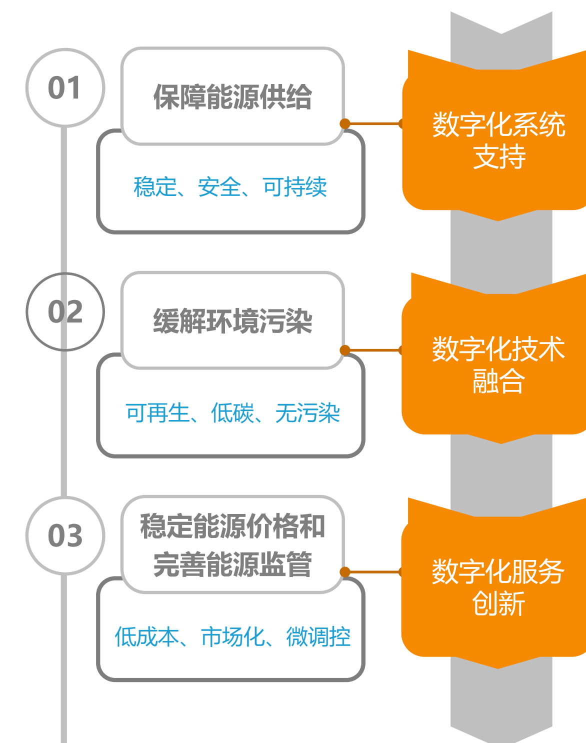
- 对消费服务端而言，企业自身数字化水平提升为终端消费服务方式变革打下了底层基础，能源电力企业将以多元化、多层级的电力需求为入手点，进行精细化运行决策和营销管理，通过数据分析驱动不同领域的业务流程再造，并以用户体验为第一基准水平，改善服务方式，最终实现能源电力的商业模式创新。

参考资料：刘素蔚,于灏，能源企业数字化转型五大趋势

能源电力数字化转型有望打破能源革命“不可能三角”，推动电力发展进入良性循环期

亿欧智库：能源革命“不可能三角”





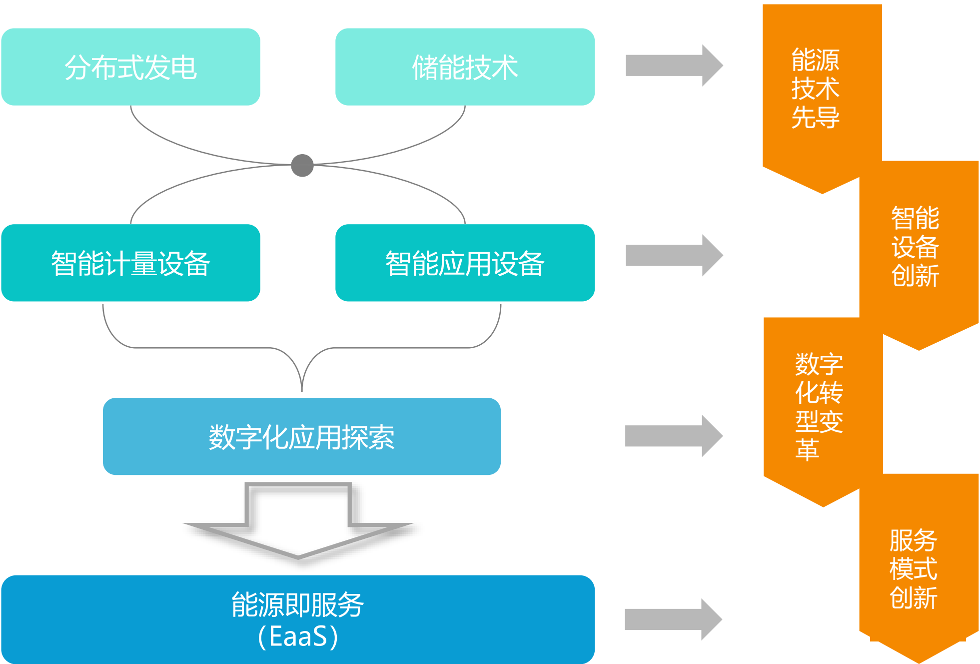
- 能源革命的先后顺序为保障能源供给、缓解环境污染、稳定能源价格和完善监管，以此保障能源可持续稳定供给，但从实际出发，三者的共同实现需经过复杂社会经济活动，并且受到一定生产条件限制，因此数字化引领的能源转型变革有望从平台、系统、数据方面对企业的成本、安全、稳定进行把控，从而达到真实的市场价格水平及低碳化能源

- 在能源层面，能源“不可能三角”指的是无法找到一个能源系统同时满足长期供给（可持续）、清洁化（绿色性）、低价维持（可负担性）三个条件，而在碳中和的推动下，能源变革将更加直观面临以上问题。

参考资料：《突破“不可能三角”：中国能源革命的缘起、目标与实现路径》

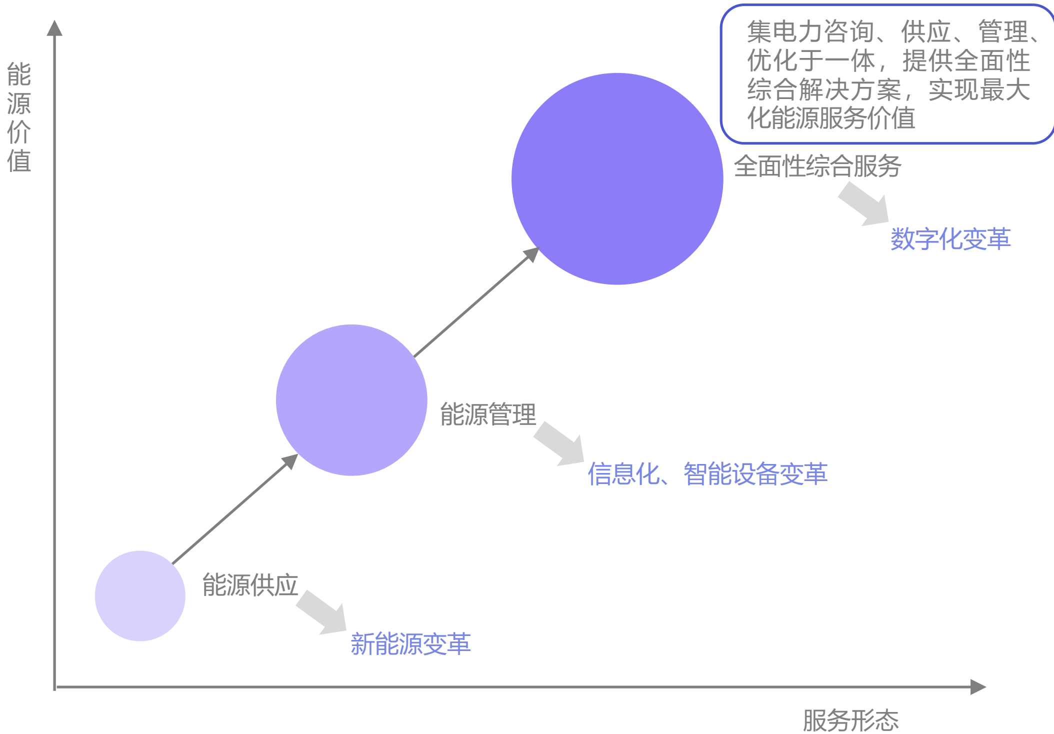
能源即服务作为新的电力消费模式，有望进一步丰富发展并成为未来趋势方向，伴随数字化应用深入，提升能源服务价值

◆ 能源即服务（EaaS）作为新的能源服务模式，一定程度上改变了能源产业链参与者的上下游关系，使得分布式能源在消费方式和消费体验上不断改变提升，而数字化则成为能源即服务（EaaS）的重要依托，通过数字化驱动，促进服务模式创新发展。



➢ 能源即服务（EaaS）模式是指为消费者提供各种与能源相关的服务。由于分布式能源部署的增加，以及智能设备的广泛可用，为创新商业模式的出现创造了空间，基于数字化转型的应用探索，将能源价值从电力销售转移到多元化服务，而非仅仅局限于供电。

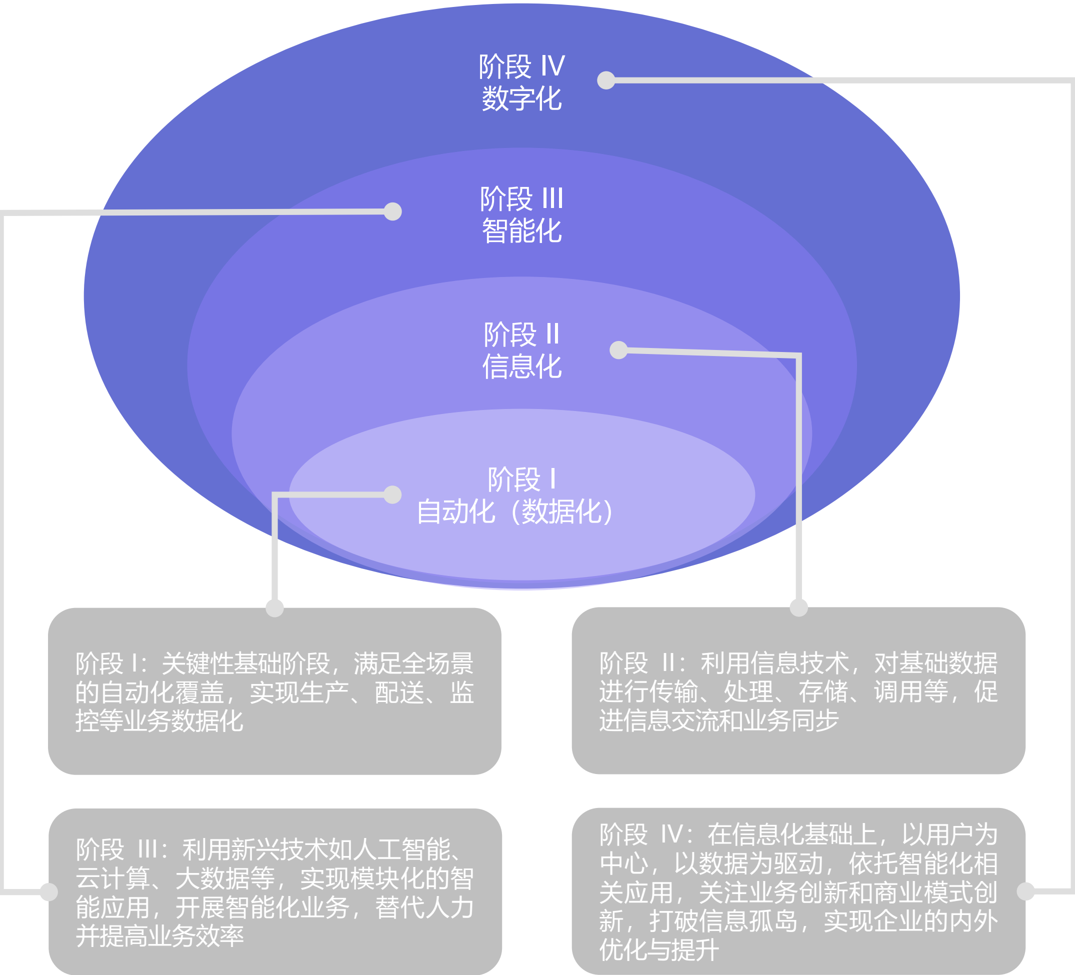
亿欧智库：能源服务价值走向图



参考资料：IRENA，《ENERGY AS A SERVICE》；德勤，《Energy-as-a-Service》

国有企业数字化转型方向明确，能源电力企业以“双轮驱动”加速产业数字化升级

亿欧智库



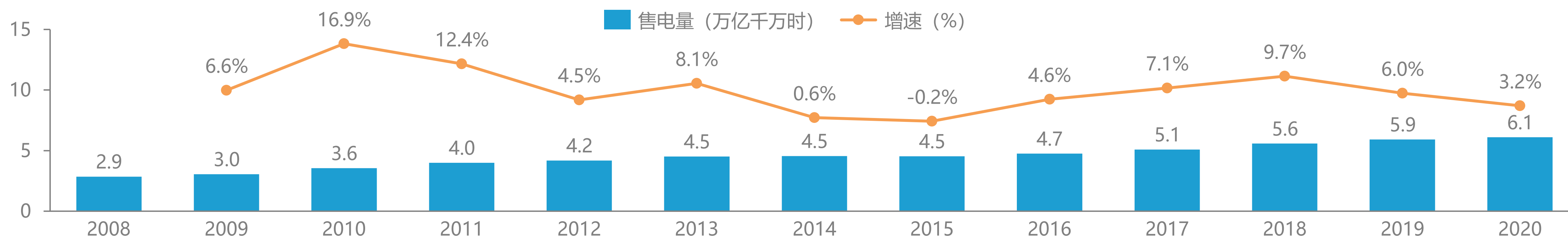


参考资料：《关于加快推进国有企业数字化转型工作的通知》

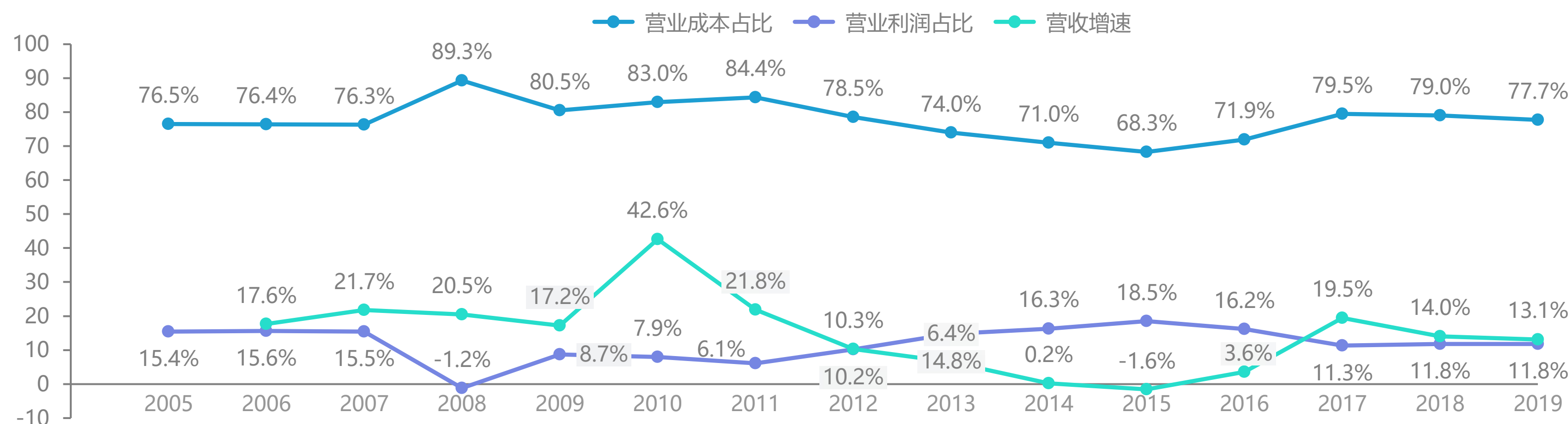
能源电力行业竞争加剧，企业面临降本增效的转型压力，多元化、精益化服务升级需求逐步扩大

◆ 中国售电量规模持续走高，2015-2018年间实现快速增长，随后便明显放缓，受经济发展及需求减缓因素影响较大；电力行业发展进入新痛点期，行业整体营收增速逐渐放缓，营业成本居高不下且利润持续降低，对电力行业高质量发展产生了较大挑战。

亿欧智库：2008-2019年中国售电量规模及增速



亿欧智库：2005-2019年中国电力行业经营变化分析



- **营收增速：** 营收增速2018年以来持续下降，2020年受疫情影响，预计整体增速将明显放缓，市场竞争显性加剧
- **营业成本：** 营业成本居高不下，企业经营效率面临较大压力，管理模式及发展模式亟需改善
- **营业利润：** 电力行业营业利润2015年后出现明显下滑，单一化服务在市场竞争加剧下对企业利润影响较大，新的利润增长点成为行业下阶段共同寻找方向

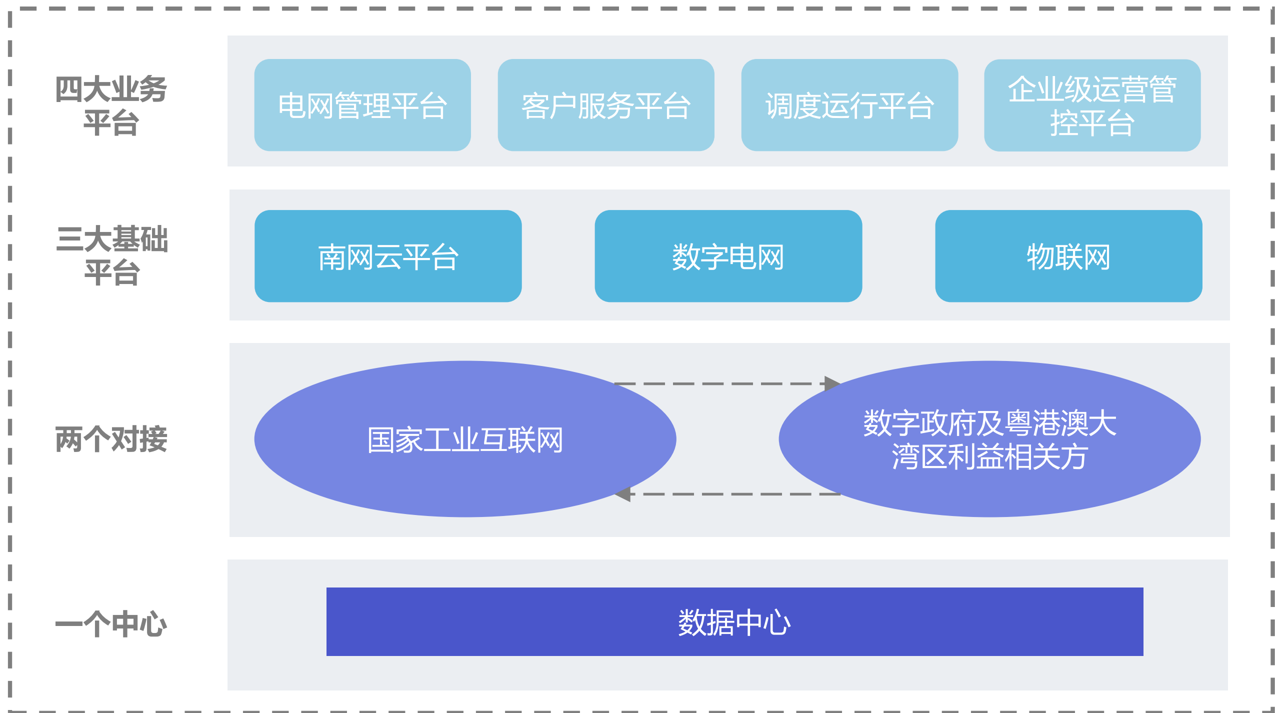
注：电力行业经营分析选择A股电力领域75家上市企业财务数据，75家企业分类来自申万行业电力分类，企业以发电类为主要代表，不含电网企业

数据来源：中电联，国资委，Choice，亿欧智库整理

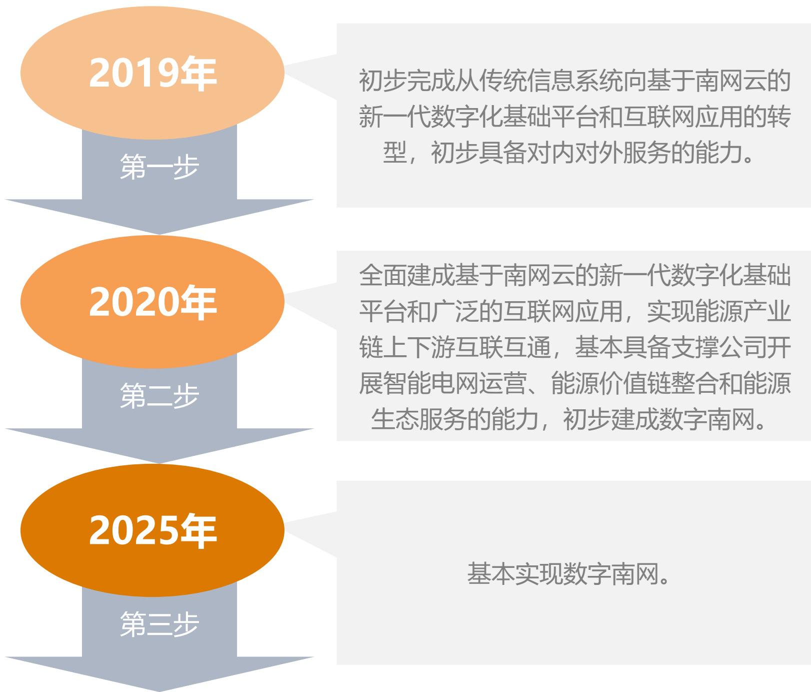
南方电网率先开启数字化转型之路，并明确了建设方向及完成时间

- 2019年，南方电网公司《公司数字化转型和数字南网建设行动方案(2019年版)》正式印发，明确提出“数字南网”建设要求，将数字化作为公司发展战略路径之一，加快部署数字化建设和转型工作。
- 南方电网公司将聚焦电网数字化、运营数字化和能源生态数字化三个重点，将电网生产、管理、运营等能力进行有效集成并实现数字化、智慧化，通过“4321”建设方案，逐步实现全面的数字化转型升级。

亿欧智库：南方电网数字化“4321”建设方案

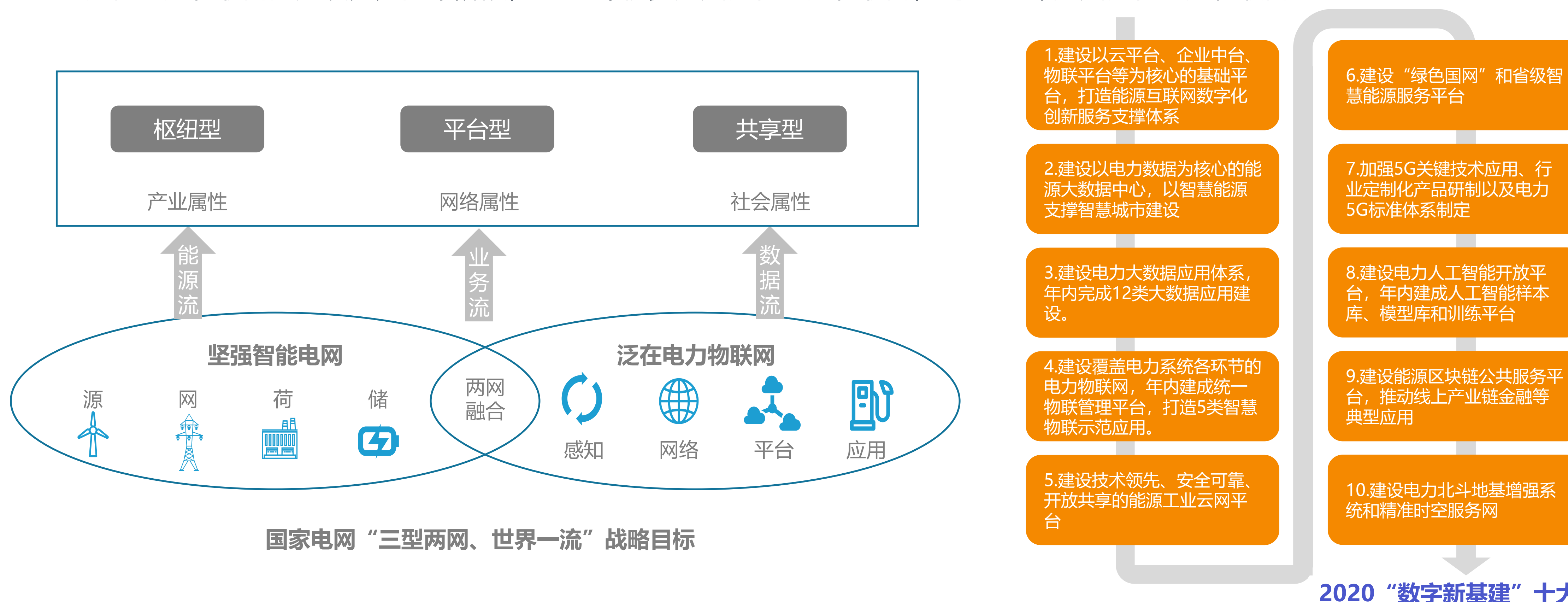


亿欧智库：南方电网数字化建设“三步走”战略



国家电网以泛在电力物联网为主要抓手，围绕泛在物联网打造新型能源生态，提升数字化水平

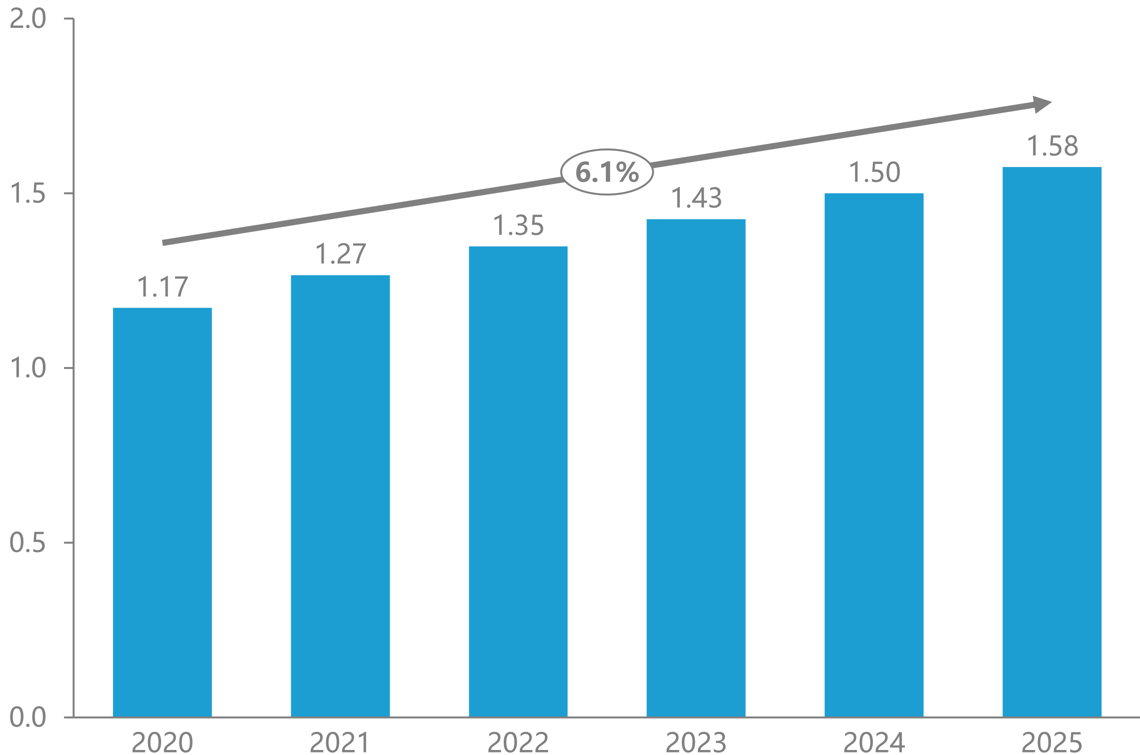
- 2019年，国家电网公司发布《泛在电力物联网白皮书2019》，未来将围绕电力系统各环节，充分应用移动互联、人工智能等现代信息技术、先进通信技术，实现电力系统各个环节万物互联、人机交互，具有状态全面感知、信息高效处理、应用便捷灵活特征的智慧服务系统，打造能源互联网生态圈，适应社会形态，打造行业生态，培育新兴业态。
- 泛在电力物联网的建设分为两个阶段，2021年初步建成泛在电力物联网，到2024年建成泛在电力物联网。



能源电力领域数字化投资快速增长，推动能源电力全面开展数字化转型建设

◆ 2020年，国家电网公司和南方电网公司纷纷在数字化转型方向加大投资，建设新型数字化基础设施，建立以企业大数据中心为代表的工业互联网平台和人工智能平台等，把信息基础设施、融合基础设施作为重点方向，同时将加大数字化设备采购和服务创新，2020年能源电力领域数字化投资有望突破1100亿元，亿欧预计未来随着数字化转型的持续，到2025年投资规模将达1575亿元。





数据来源：公开资料整理，亿欧智库预测

三、新兴技术创新应用

Innovative Application of Emerging Technologies

数字化技术为数字化转型提供了融合技术服务平台，并由点向面发挥技术创新价值

01 数字化基础设施搭建

随着“大云物移智“等现代信息技术的深度发展，以其为代表的数字化技术亟需强大的基础设施为其产业化提供支撑，因此数字化发展需要核心技术基础设施搭建。

02 数字化技术效率提升

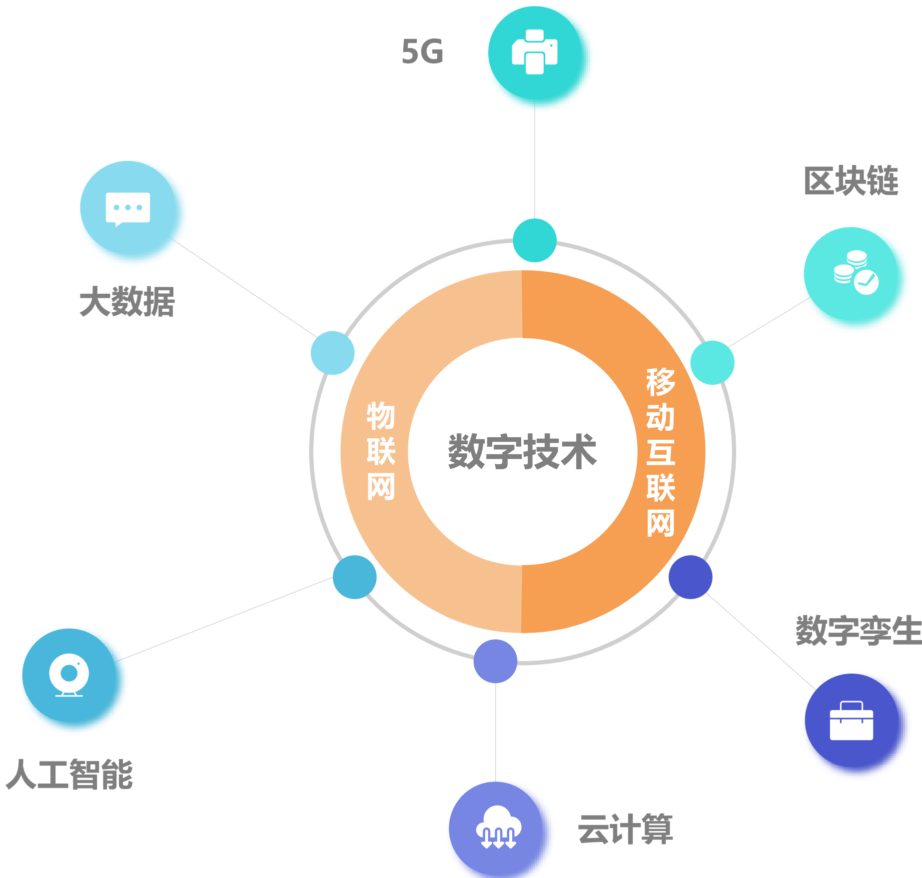
底层设施完善为新兴技术转换应用提供了平台，数字化技术在单点领域的突破提升促进了能源电力场景的效率提升，更好地推动了产业链相关环节的智能化转型和数字化改造。

03 数字化技术融合应用

数字化技术和能源技术的深度融合与广泛应用使得能源转型的智能化、数字化优势特征进一步显现，推动了能源产业链生产、供给、服务的协同优化。

04 数字化技术价值创新

基于数字化技术赋能，能源电力领域的数字化改造将对能源价值进行重塑，围绕用户服务驱动商业价值创新，实现新的商业模式变革，开展数字业务的价值创造。



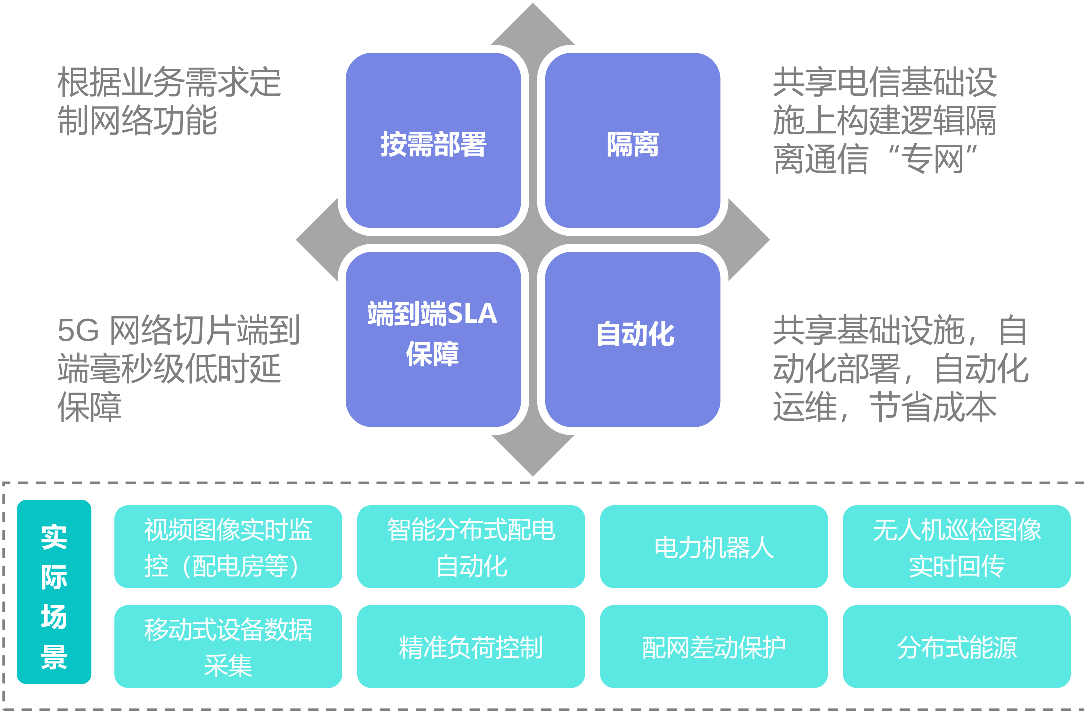
新兴技术创新应用—5G助力电力通信网络发展，支撑电力智能化变革应用

◆ 分布式清洁能源接入需求快速提升、智能电网精准控制对时延要求更低，以及新型商业模式对网络要求标准更高使得电力通信网络建设面临诸多新的需求。5G具有大带宽、低延时高可靠、广连接的特性，面对电网多样化业务需求，5G网络切片技术可以满足电网信息采集类及工控类业务连接诉求，同时通过高传输速率，拓展无人化设备应用，依托"端到端网络保障SLA、业务隔离、网络功能按需定制、自动化"的典型特征，助力能源电力数字化转型，保障电力网络连接需求从而创造全新的商业模式。

亿欧智库：智能电网5G网络切片业务场景需求

业务场景	通信延时要求	可靠性要求	带宽要求	终端量级要求	业务隔离要求	业务优先级	切片类型
智能分布式配电自动化	高	高	低	中	高	高	URLLC
毫秒级精准负荷控制	高	高	中低	中	高	中高	URLLC
低压用电信息采集	低	中	中	高	低	中	mMTC
分布式电源	中高	高	低	高	中	中低	mMTC+URLLC

亿欧智库：5G网络切片典型特征及电网应用场景



参考资料：《5G确定性网络白皮书》《5G网络切片使能智能电网》《5G智能电网》

新兴技术创新应用—AI技术提升力电力场景复杂问题的处理能力，简化业务流程并提升智能水平

亿欧智库

- 人工智能技术的成熟发展及商业化应用为能源电力行业提供了新的智能化解决方案，在人员解放、效率提升方面发挥着重要价值，基于机器学习、深度学习的负荷感知预测及可再生能源预测提高了能源供给的稳定性，保障了电力系统的高效运行。
- 此外，人工智能技术也为电网业务的多元化发展改进提供了有效支撑，通过计算机视觉、语音识别、机器人等实现智能化巡检、客服、营销等工作，最大限度地提高了电网精益化运行水平，提升工作效率同时降了安全隐患，通过智能化升级帮助企业降本增效。



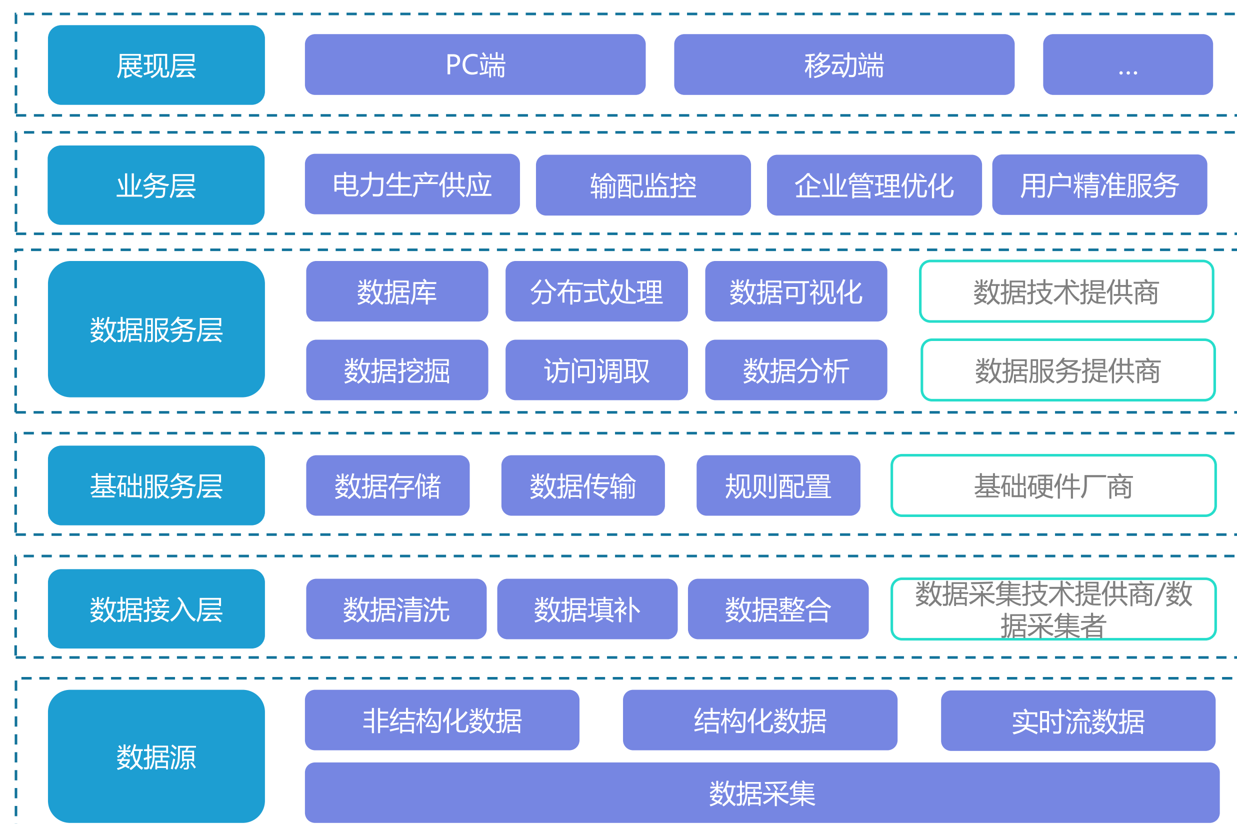
能源电力领域	应用场景
预测	负荷预测、新能源发电预测、电价波动预测
调控	超短期负荷预测、发电计划智能滚动修编、调度员知识学习和培训、风险智能识别、事故策略智能处置、综合能源系统控制
仿真	潮流计算自主形成场景和方案、态势感知和超实时推演、动态过程智能预测
检修	无人机、机器人巡检和智能分析，设备缺陷检测、安全评估、预防性检修
现场作业	人像识别、行为识别、健康监测、智能可穿戴设备
客户服务	业务辅助办理、智能客户解答、充电机器人、用电资源协调配置
营销	用户画像、精准营销、差异化服务
办公、管理	文件处理、人员匹配、会议办公等

参考资料：《人工智能在电力系统中的应用》

新兴技术创新应用—大数据技术盘活电力领域海量原始数据，充分发挥电力数据价值

- 对于电力领域来说，能源互联网发展使其积累的海量能源数据能够进一步运用，并且随着电力需求增加，电力设备数据、电网运行数据、用户行为数据都将呈指数级增长；而借助大数据技术对能源电力数据进行深层挖掘分析，将充分发挥电力数据价值，实现电力设备的数字化运行，提高能源利用效率，保障电力系统供应稳定，同时向用户提供精准的个性化服务。

亿欧智库：电力大数据层次架构



亿欧智库：电力数据特征及应用模式



参考资料：公开资料整理

新兴技术创新应用—云计算由中央向边缘不断延伸，以此解决实时性安全服务问题

- 智慧能源云平台在泛在电力物联网体系建设中扮演重要角色，是开展综合能源服务的重要基础平台与对外“窗口”，具有规模大、可靠性高、通用性强等特点。而随着边缘计算的发展，利用云边协同、边边协同、边缘智能等技术解决电力系统面临的实时性高、数据周期短、任务复杂等难题成为新的应用方向，为电力系统提供边缘端的安全可靠应用服务。

亿欧智库：能源电力云平台部署架构

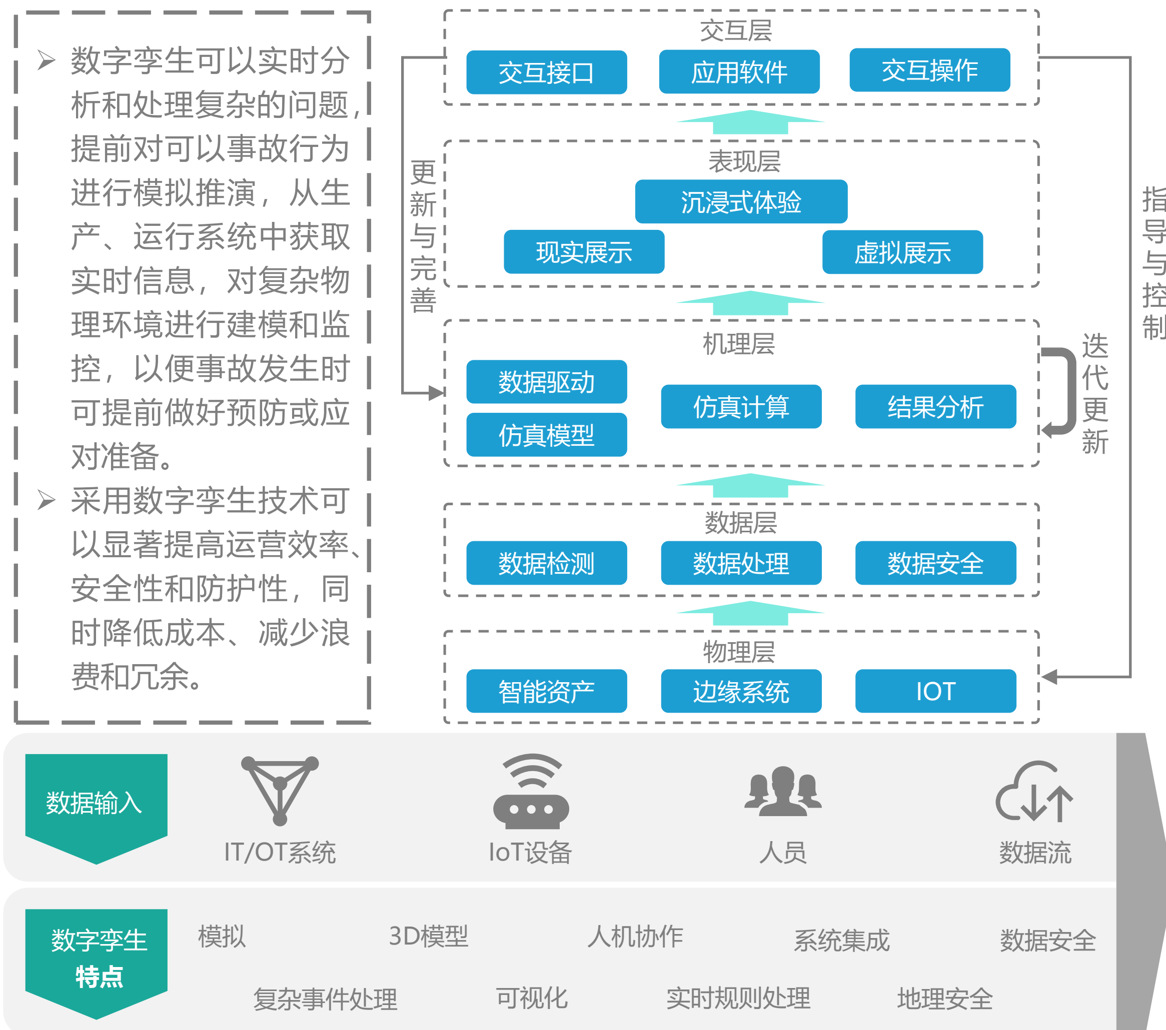




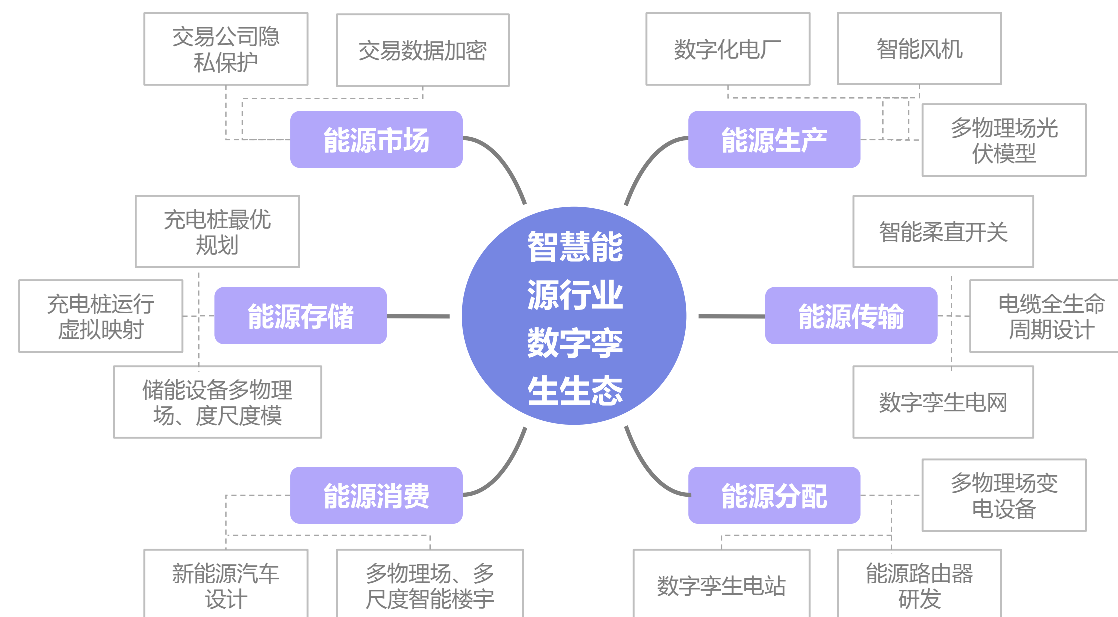
参考资料：白昱阳, 黄彦浩, 陈思远, 张俊, 李柏青, 王飞跃. 云边智能: 电力系统运行控制的边缘计算方法及其应用现状与展望. 自动化学报, 2020, 46(3): 397-410；王汝英等：泛在电力物联网场景下的智慧能源云平台研发与应用. 391. CSEE. EIC.

新兴技术创新应用—数字孪生将有效提高电力企业运营效率

亿欧智库：智慧能源系统数字孪生架构



◆ 随着云计算、大数据等新一代信息技术快速发展，数字孪生技术在智慧能源行业拥有广阔的发展前景，基于数字孪生技术构建的生态体系贯穿智慧能源系统全生命周期过程，通过服务和模式创新，显著提升智慧能源生态系统的工作效率，降低能源产销成本，实现智慧能源系统规划、运行和控制方面的提质增效。

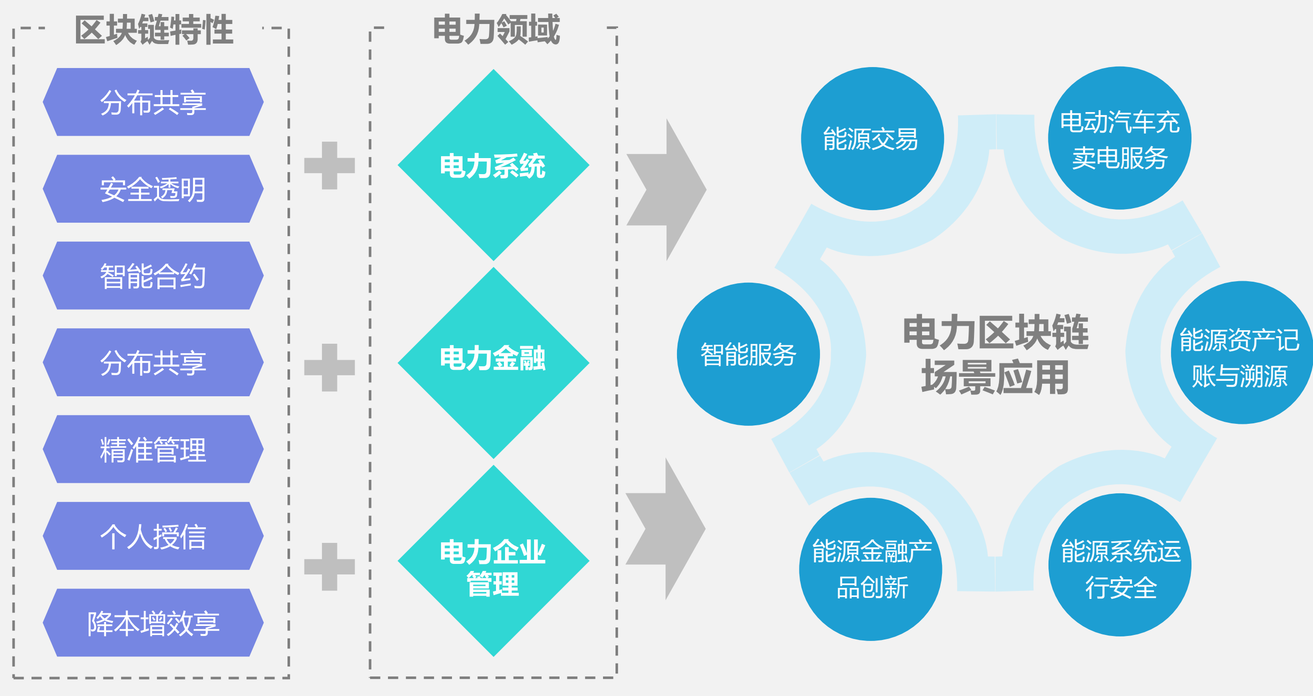


参考资料：Wenhu Tang,Xingyu Chen,Tong Qian, et al. Technologies and Applications of Digital Twin for Developing Smart Energy Systems[J]. Strategic Study of Chinese Academy of Engineering, 2020, 22(4): 74-85.; 《数字孪生将推动数字化转型的未来白皮书》

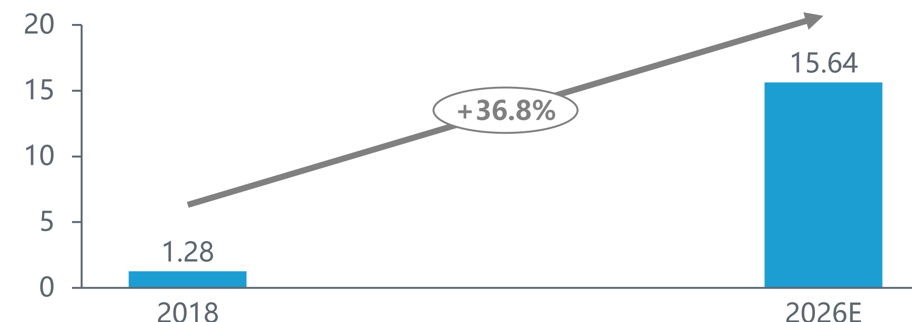
新兴技术创新应用—区块链为能源交易改革创新奠定了可信基础

◆ 区块链技术将极大改变能源系统生产和交易模式，能源交易主体可以点对点实现能源产品生产和交易、能源基础设施共享；能源区块链还可实现数字化精准管理，未来将延伸到分布式交易微电网、能源金融、碳证交易和绿证核发、电动汽车等能源互联场景，区块链的去中心化、智能合约等特征正在被应用至能源价值链的多个环节，成为能源行业数字化转型的重要驱动力之一。

➢ 受能源互联网发展以及分布式能源增长影响，基于物联网的去中心化、自治性、市场化、智能化建设趋势愈发明显，区块链技术特色与能源行业的发展趋势具有高度吻合性，因此，区块链的优势特性将在能源电力领域发挥巨大的应用价值，赋能电力场景应用创新。



亿欧智库：2018-2026年全球能源公用事业区块链市场规模



➢ 区块链技术支持能源市场领域中的商品交易，能源业务部门通过部署区块链解决方案，从而在能源生产、分销、细化和零售贸易信息方面获得管理、定价、物流和风险报告等帮助。

➢ 根据Fortune Business Insights数据显示，2018年全球能源公用事业区块链市场规模为1.28亿美元，预计到2026年将达到15.64亿美元，年均复合增长率高达36.8%，其中亚太是区块链能源应用的热点地区。

数据来源：*Fortune Business Insights*

四、能源电力数字化转型分析

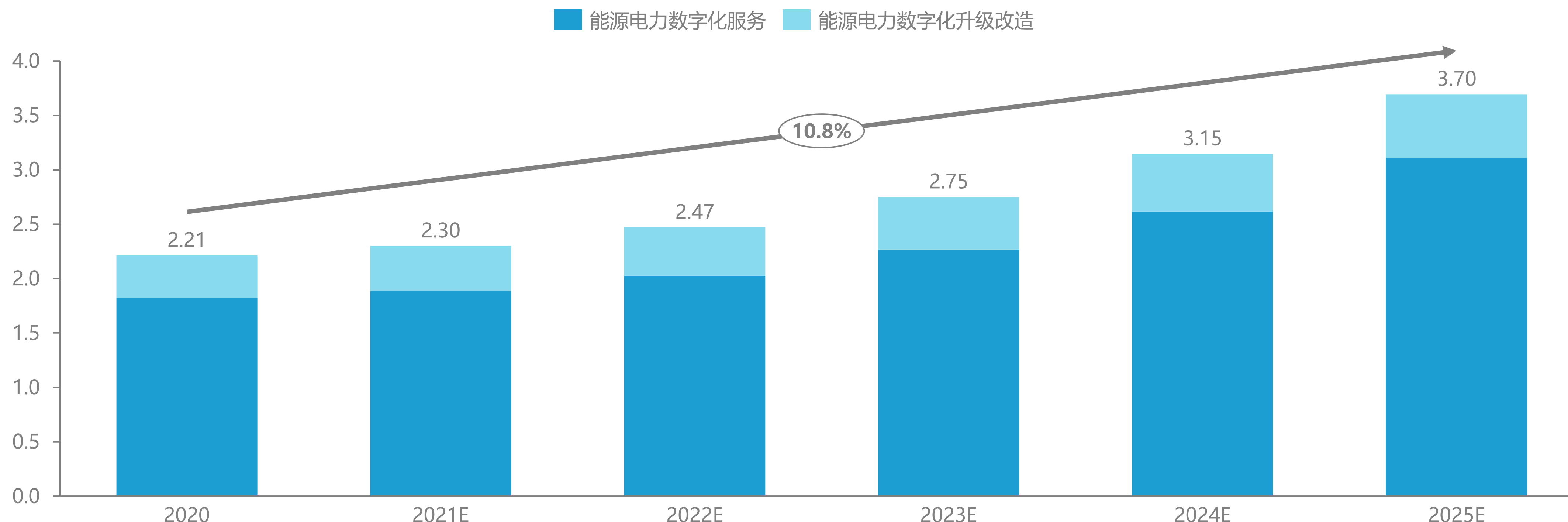
Analysis of Energy Power Digital Transformation

能源领域数字化市场规模随着数字化转型推动将快速增长，预计2025年市场规模将达到约3700亿元

- 亿欧智库根据公开数据统计测算，受数字化技术推广及电力企业数字化服务开展影响，2020年中国能源电力数字化市场规模达到2213亿元，其中电力数字化服务市场占比约为82%，涉及智能电网、自动化控制、巡检运维、灵活性服务、能源管理系统等；能源电力数字化升级约占18%，包括大数据、人工智能、云计算、区块链等技术应用改造。
- 未来受电网“十四五”投资影响，预计到2025年，中国能源电力领域数字化市场规模增长至约3700亿元，年均复合增长率为10.8%。

亿欧智库：中国能源电力数字化市场规模预测

单位：千亿元



数据来源：亿欧智库

能源电力数字化转型面向四大方向

能源电力数字化发展方向

01

数字化资产

能源电力拥有复杂庞大的资产运行体系，数字化转型中的泛物联网链接即将开启全面感知的数据互联，如何提升能源资产价值，实现资产管理的最优化以及资源效率的最大化，以此达到可持续的价值创造，成为能源数字化转型中的重要方向。

02

数字化技术

以物联网、大数据、云计算、区块链、人工智能等为代表的新一代信息技术在数字化进程中承担着重要角色，同时电网自动化技术、电力电子技术同新一代信息技术的有效融合将贯穿电力数字化转型中的方方面面，理清数字化技术的发展脉络，创新技术应用价值，从而有效发挥数字化技术的核心驱动作用。

03

数字化经营

数字化转型中，经营管理自动化和智能化将为企业业务开展提供重要支撑，从而助力企业形成设备、管理、流程、服务的全数字化场景；能源电力作为智能化程度较高的场景领域，较早引用OA、ERP、CRM、SRM等软件系统，但随着智能化、数字化的深入，数据孤岛、系统协同等问题成为新的发展难点，如何打通内部系统平台、实现协同共享，成为企业经营管理的新方向。

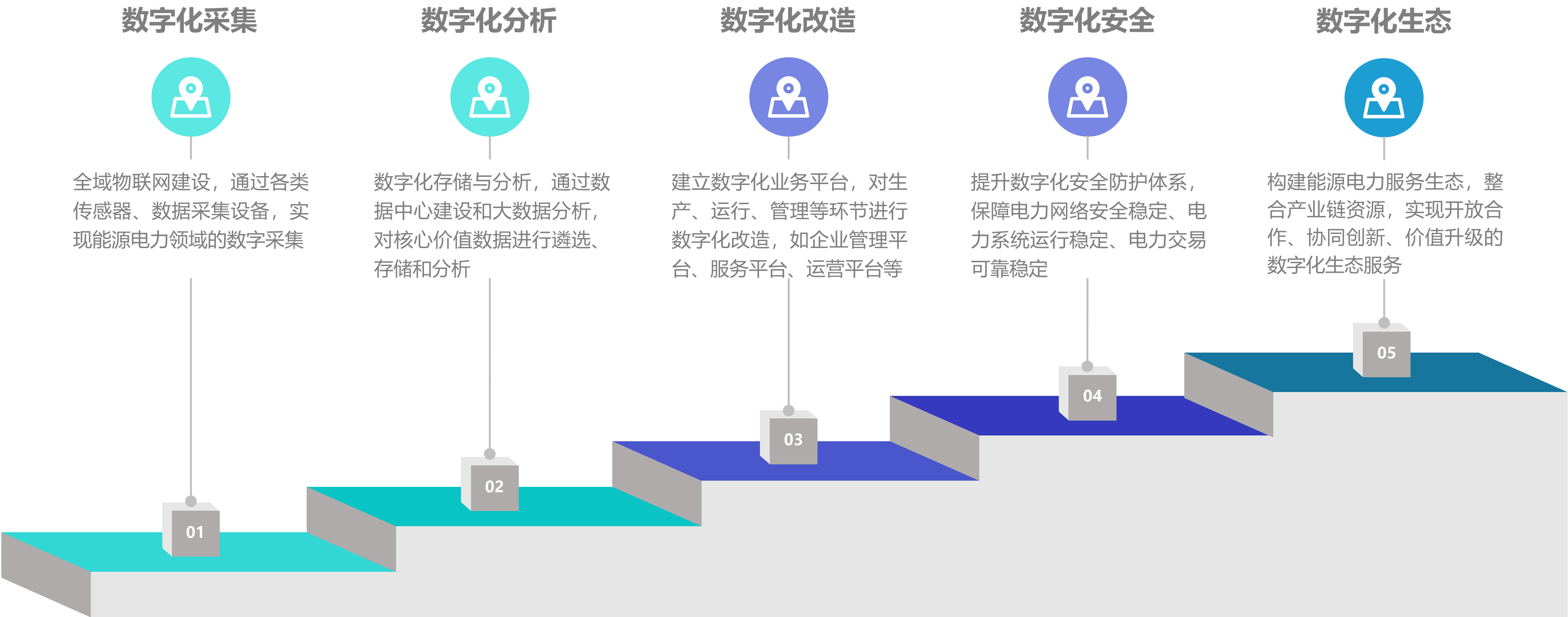
04

数字化服务

数字化转型最终目标是实现更高的商业价值，在新能源和智能技术驱使下，电力行业的业务模式和业务架构也将产生新的颠覆，“能源即服务”的产生正在将能源价值逐渐货币化，而数字化在其中提供了底层保障，基于消费需求、消费形式和企业数字化系统的转变，向用户提供全面性、针对性、可靠性的电力数字化服务，从而催生能源电力新的商业模式，使最终用户享受一体化、多样化、便捷化的服务体验。

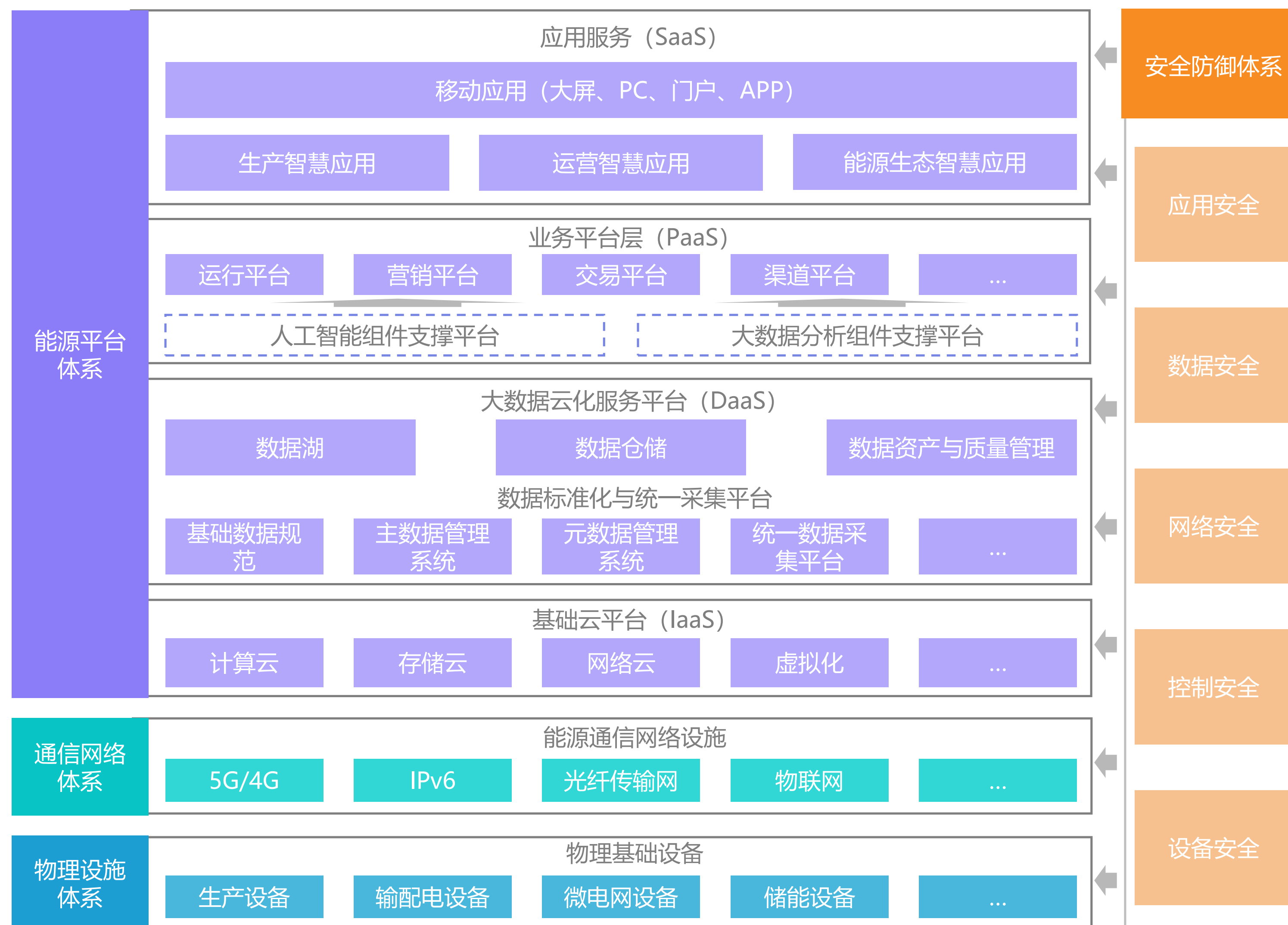
能源电力数字化转型采用五步实施路径

- 根据能源电力数字化转型方向，能源电力领域数字化实施路径整体可以分为五步，分别是数字化采集、数字化分析、数字化改造、数字化安全和数字化生态，围绕关键核心数据进行最大价值挖掘，形成进阶式转型提升。



电力工业互联网平台成为数字化转型的核心脉络

- 工业互联网平台是融合互联网、新一代信息技术以及工业生产技术的综合产业生态平台，在智能制造、智慧供应、智能运维以及智慧服务方面，都将发挥重要的价值作用；工业互联网平台在能源生态领域提供设计协同、场站管理、资源调度、远程维护等服务，助力企业在研发、设计、制造、服务各环节实现数字化转变，是能源电力数字化转型的重要基础设施平台。
- 搭建能源电力工业互联网平台需围绕四大层次，分别是物理设施层次体系、通信网络层次体系、能源平台层次体系以及安全防御层次体系，依托平台接入源、网、荷实时数据，利用大数据分析建模，开展体系性的调度、管控等服务，一方面提高新能源并网率与整体用电效率，另一方面以“数字驱动”方式贯通全产业链构建能源生态圈。



参考资料：《数字化转型推动电力能源企业高质量发展白皮书》、《邬贺铨：能源互联网与新一代信息技术》

能源电力中台对企业数字化服务发展提供了全方位支撑调配

◆ 能源电力中台成为企业数字化管理转型中的重要手段，数字化中台可以有效将技术、管理和业务相融合，对企业前后台的业务和决策提供全方位支撑，促进能源电力多元化业务协同，对业务和管理全面赋能，推动企业数字化转型升级；企业中台的搭建必须在权衡企业价值基础上进行，从用户实际应用角度出发，以发挥最大能效价值为使命，赋能企业战略决策并提供长久生命动力。

能源电力中台的权衡博弈

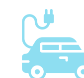
能源中台是能源互联网平台发展的必然需求，但不同类型能源电力企业以及智能化程度不同都对企业中台的搭建有着不同标准要求，如何有效搭建符合企业数字化发展的中台，并打通企业不同权责部门的信息流、数据流，成为电力企业互联网化后的新博弈，尤其是垂直化职能组织和固定化供应模式较深的中上游企业。



技术中台
- 技术架构
- 微服务
- 核心引擎
- 安全保障
- 运维服务



协同中台
- 动态组织架构
- 统一门户
- 智能流程



业务中台
- CAP业务平台
- 项目管理
- 财务服务
- 营销服务



数据中台
- 集成管理平台
- 数据采集
- 数据共享
- 数据分析
- 数据决策

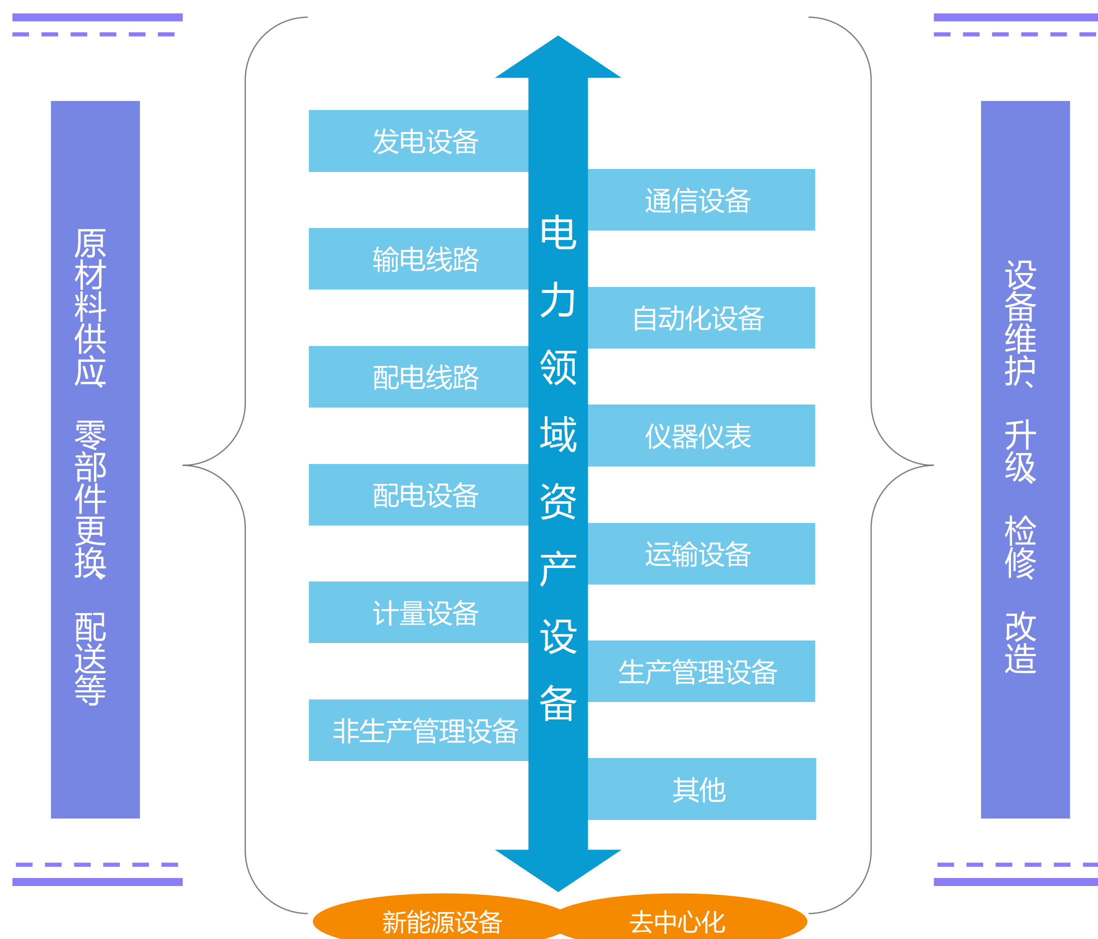


连接中台
- 集成管理平台
- 数据集成
- 流程集成
- 应用集成
- 服务集成

参考资料：《致远互联数字化协同运营中台白皮书》

能源资产管理—电力资产种类多、价值高、更新快，电力资产管理成为保障电力供应稳定的长期问题

◆ 能源电力领域资产规模庞大、分布范围广、种类多，且在新能源与去中心化的趋势发展下，资产设备数量仍将快速增长，而在泛在物联网和信息技术的推动下，资产设备更新快、变动大，使电力资产全生命周期管理的难度和复杂度不断增长。



能源电力资产管理现状

能源电力资产管理对提高设备使用效率、减少设备故障率、降低企业运行成本有重大意义，当下电力资产在管理水平、管理方式和技术创新上仍有较大提升空间。



分布广、种类多

电力领域固定资产涵盖发电设备、输配电设备、自动化设备、通信设备等，固定资产种类繁多，且不同类型设备技术复杂难度区别大，在设备归类、统计、调配等方面存在范围广、管理困难等问题。



生命周期长、价值高

能源电力行业资产密集，技术附加值高，因此价格高昂，且投资回报周期长，从设备规划、生产、安装、运营、维护等需经数年甚至数十年时间，管理周期长，加大了有效管理难度。



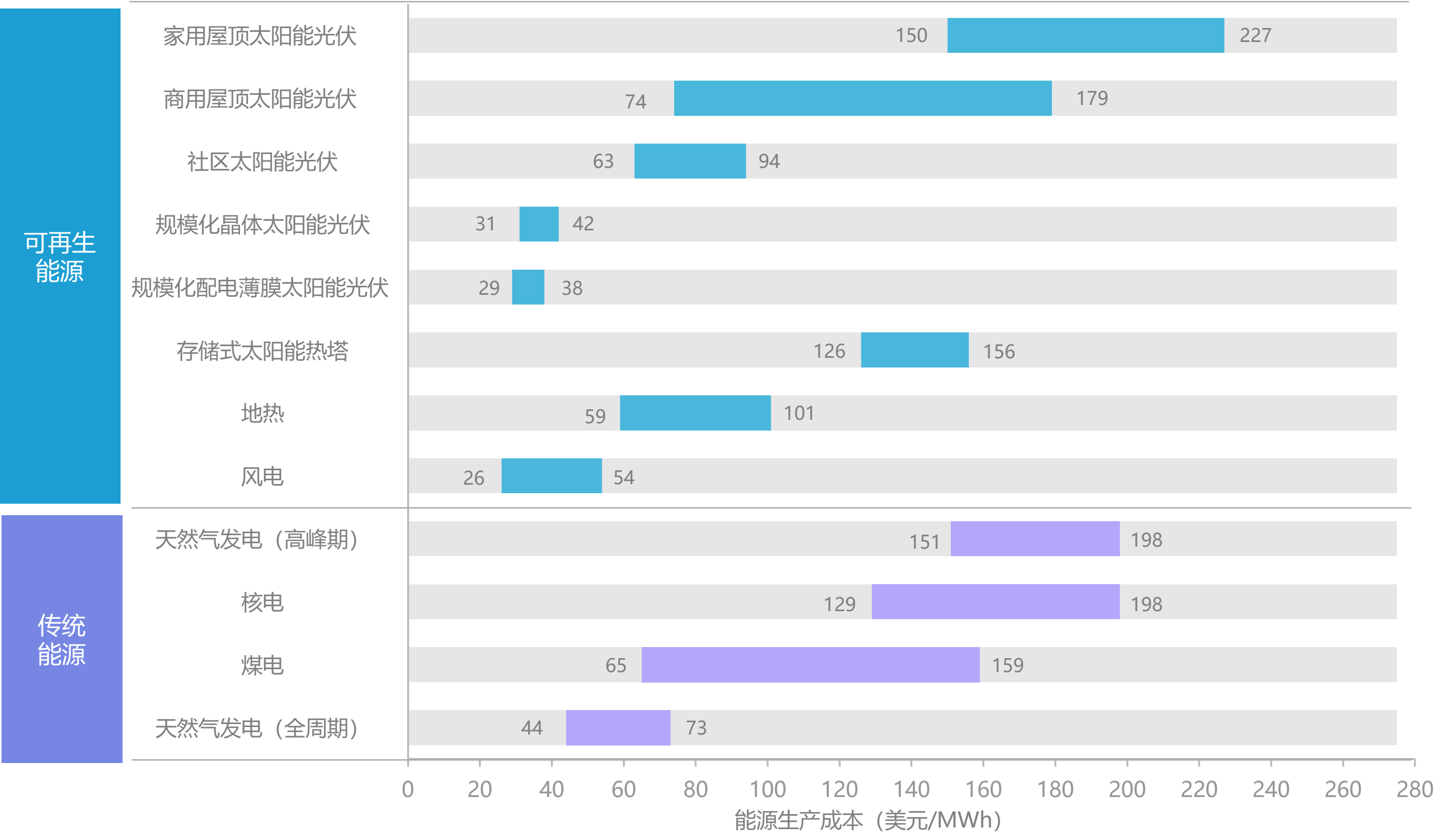
更新快、变动大

受电力技术、信息技术的快速发展，电力系统自动化、智能化、数字化同样经历快速更迭，且新的用电需求和模式改变对电力资产更新升级有了更高要求，加速了电力资产管理的模式变动。

能源资产管理—全生命周期管理在降低企业成本、提升电力资产运行效率方面有显著作用

◆ 资产全生命周期管理对降低企业运营成本、提升资产运营质效具有显著作用，完整的生命周期历经资源评估、规划设计、设备采购、工程建设、设备安装、技术升级、运行维护；根据Lizard的能源生产和存储成本数据显示，随着可再生能源生产成本的持续下降，一定程度相较于部分传统能源已具备相对优势，除技术成熟和设备原材料成本下降因素外，还有持续的资产全周期管理水平提升。

亿欧智库：2020全周期能源平均生产成本分析

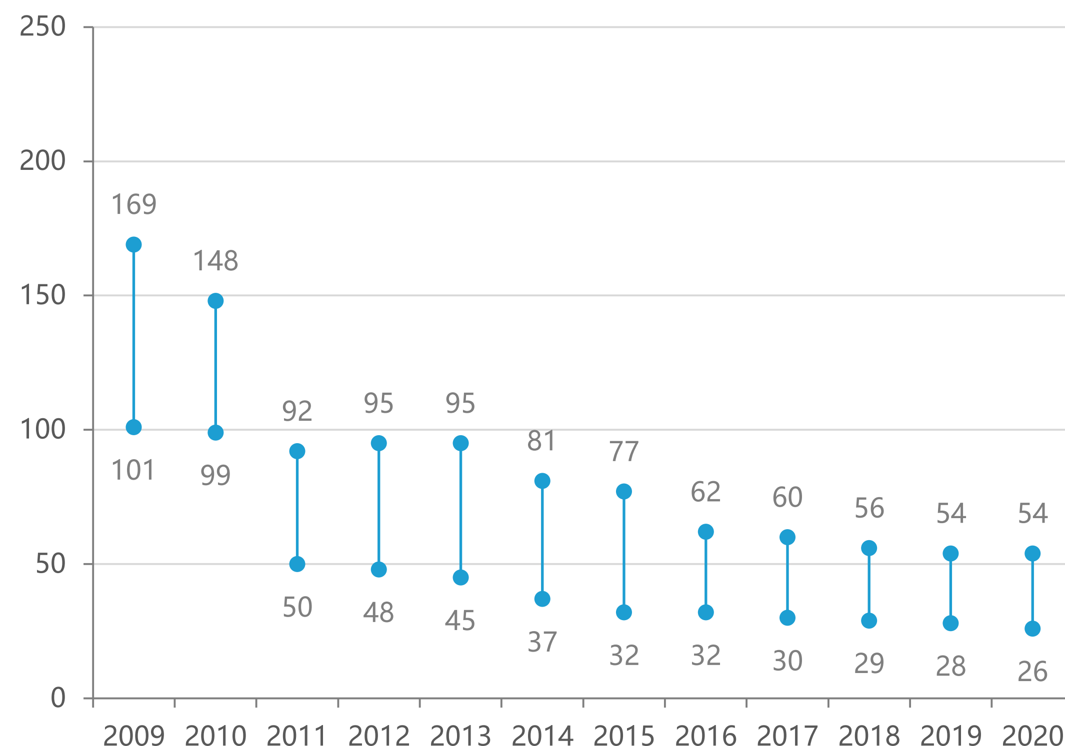


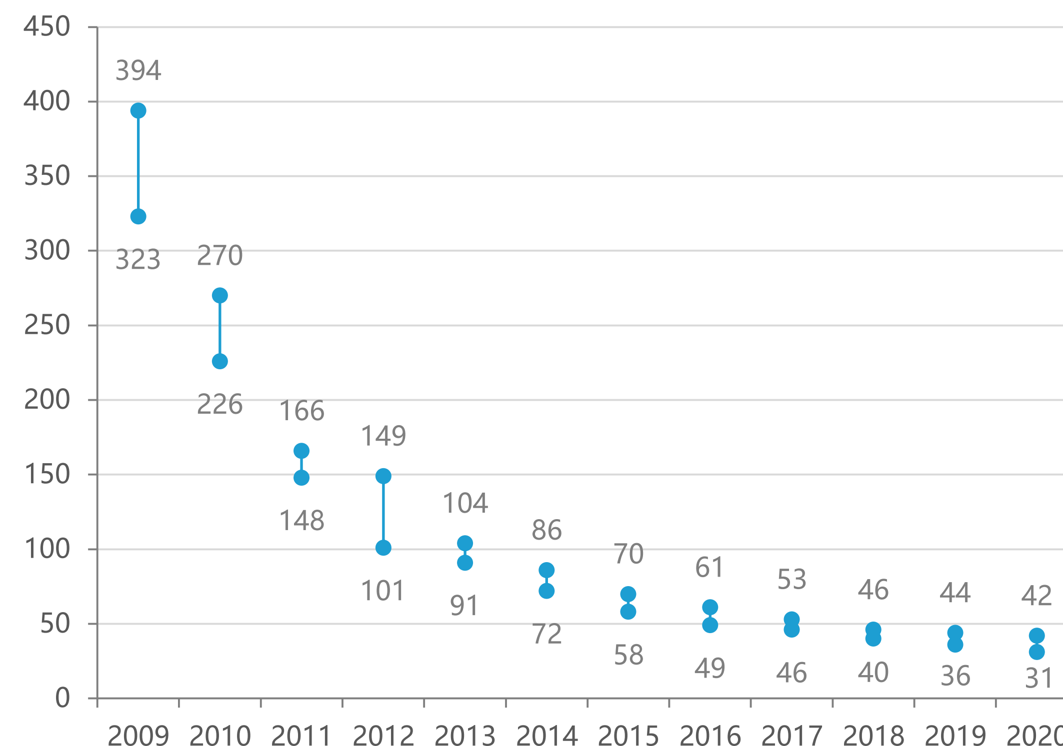


数据来源：*Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage – 2020*

能源资产管理—以数字化技术提升资产生命周期管理水平有望进一步实现精细化成本压缩

◆ 新能源中的风电和光电在原材料供应价格下降和运行效率持续提升因素影响下，LOCE（平准化度电成本）区间值在2009-2020年间持续下降，其中光电价格下降最为剧烈；然而，随着行业技术的不断成熟，风电和光电LOCE价格下降速度已明显放缓，未来难以通过上游价格缩减实现持续性降价，需更多依靠精细化运营，以数字化提升资产全生命周期管理实现成本有序下降。

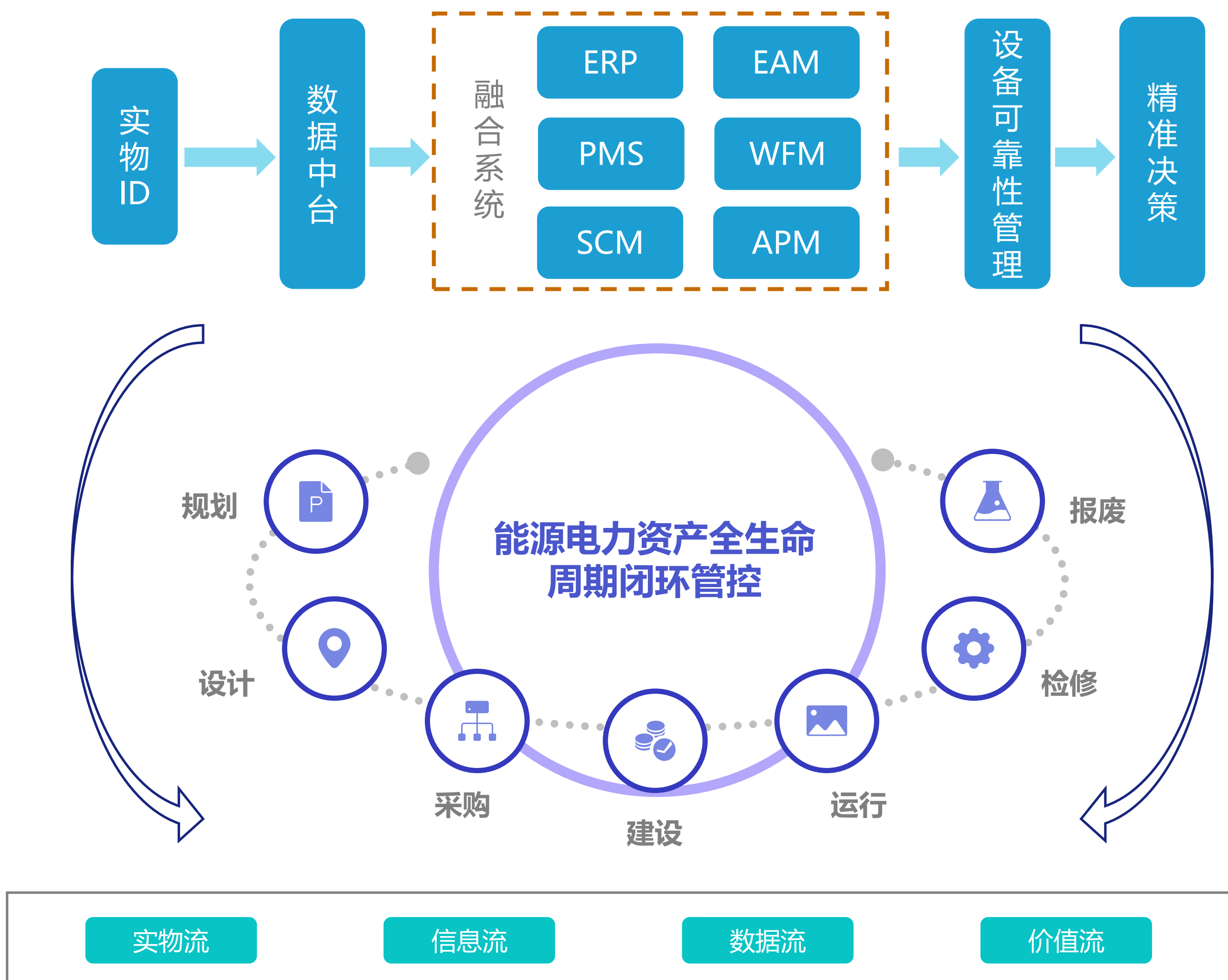




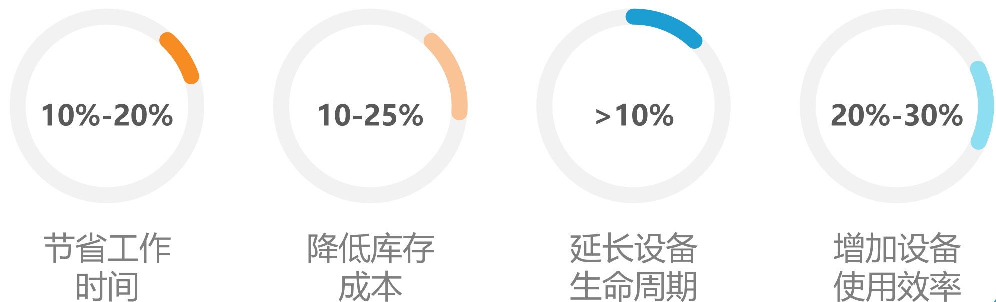
注：LOCE（平准化度电成本）=（初期投资-生命周期内因折旧导致的税费减免的现值+生命周期内因项目运营导致的成本的现值-固定资产残值的现值）/（生命周期内发电量的现值）

数据来源：Levelized Cost of Energy and Levelized Cost of Storage – 2020

能源资产管理—融合数字化技术实施电力资产的全生命周期管控



- 资产全生命周期在管理要素、管理环节、管理方法上有着重大价值，但随着电力自动化和智能化的发展，建立数字化的能源资产管理系统成为转型升级重要手段之一，从体系高效运转、资产优化配置、数据深度挖掘等方面持续发力，以数据流贯通资产生命周期的闭环管控，构建资产管理大数据价值挖掘体系，推动电力资产管理智能化、数字化，助力投资效益提升，同时提高电力资产运行效率。
- 根据公开数据显示，实施资产管理系统可以节省工作时间10-20%；降低库存成本10-25%，增加设备使用效率20-30%，延长设备生命周期超过10%。

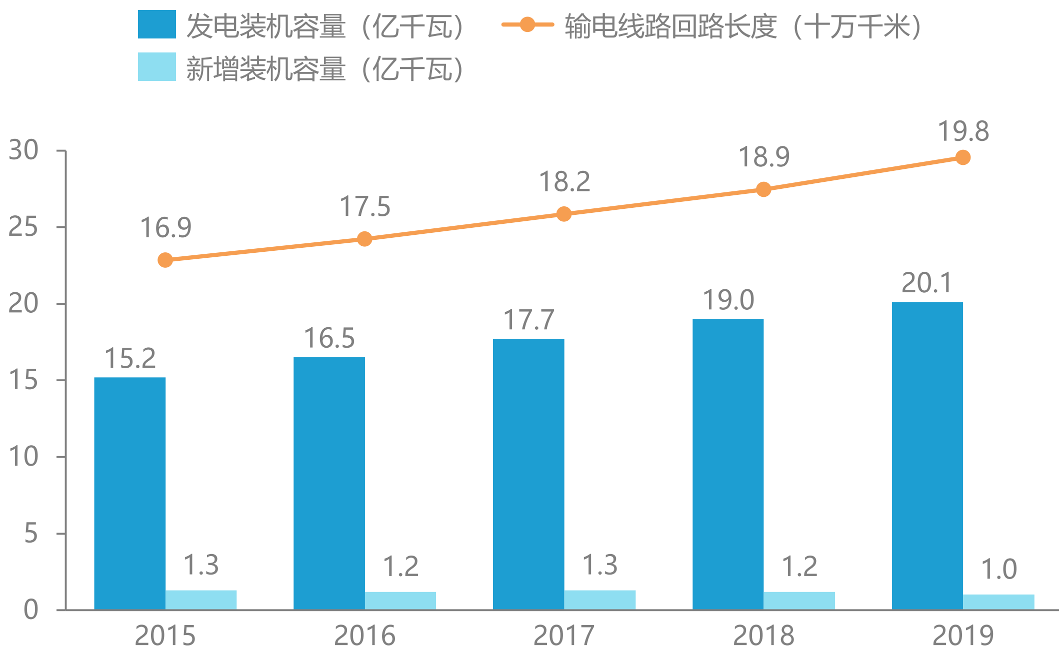


数据来源：公开资料整理

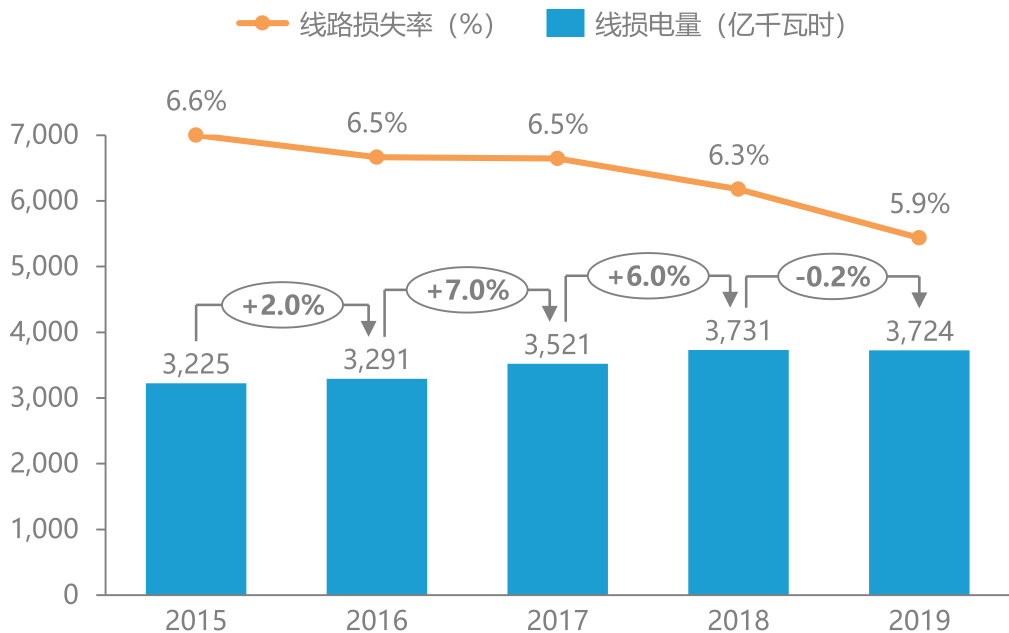
智能巡检—发电装机容量和输电线路长度稳步增长，减少线路损失率和提升电力设备维护成为提高电力资源利用的重要环节之一

- 2019年，全国发电装机容量为20.1亿千瓦，同比增长5.8%，初步统计全国电网35千伏及以上输电线路回路长度198万千米，比上年增长3.4%；2015-2018年间，中国电网线损电量持续上升，2019年有所下降，达到3724亿千万时。
- 同时，中国电力企业联合会发布的《2019-2020年度全国电力供需形势分析预测报告》建议，应提升电力高质量可持续保供能力、提高电力资源配置效率、促进电力高效利用，因此，利用数字化进行智能巡检维护将成为保障能源电力供应稳定的重要推动力。

亿欧智库：2015-2019年中国电力装机容量及输电线路长度



亿欧智库：2015-2019年电网线路损失率及线损电电量



备注：输电线路长度为35千伏及以上输电线路回路长度

数据来源：中国电力企业联合会，Choice

智能巡检—传统能源电力巡检工作强度大、成本及风险系数高

◆ 电力巡检对保障电力系统安全稳定运行、提高运行效率有着重要作用，安全巡检围绕发电、输配电等环节进行，由于传统人工巡检存在诸多问题，已无法满足能源电力智能化、数字化的转型发展，巡检方式将逐渐通过新的技术进行升级替代。

能源电力巡检现状

电力设备的运维检测手段主要包括带电人工检测、带电在线监测和离线检测等三种，总体还是以人工检测为主，辅以智能化设备，但随着分布式电源的持续增加，以及人力成本的持续上升，以人工为输出的巡检方式难以满足快速增长的电力设施建设，且无法有效实现整体智能化发展。

发电设备类：分布式电站通常由多个设备组件组成，设备组件故障将影响正常的电力供应，由于分布式电源集中建设于室外，部分位于山地、高原、荒漠之中，自然环境对设备影响较大，需定期巡检，如风机叶片缺损、脱落、裂纹等，光伏组件脱落、异物覆盖等。

变配电设备类：变电和配电设备作为电力系统的关键节点，对电力系统的稳定运行有着至关重要的作用，室外变电站与室内配电设备是监测重点，且容易受极端天气影响，需定期对表计读数、开关位置、设备温度、柜体局部放电等状态进行巡检监控。

线路类：输电线路巡视的主要内容包括接地、基础、杆塔、绝缘子、导线、金夹具等线 路本体设备；防雷、防鸟、各种监测设备等线路附属实施以及线路通道环境等。

场景分布

分布式电站





变电站

配电站





输电线路

电缆隧道



传统人工巡检问题

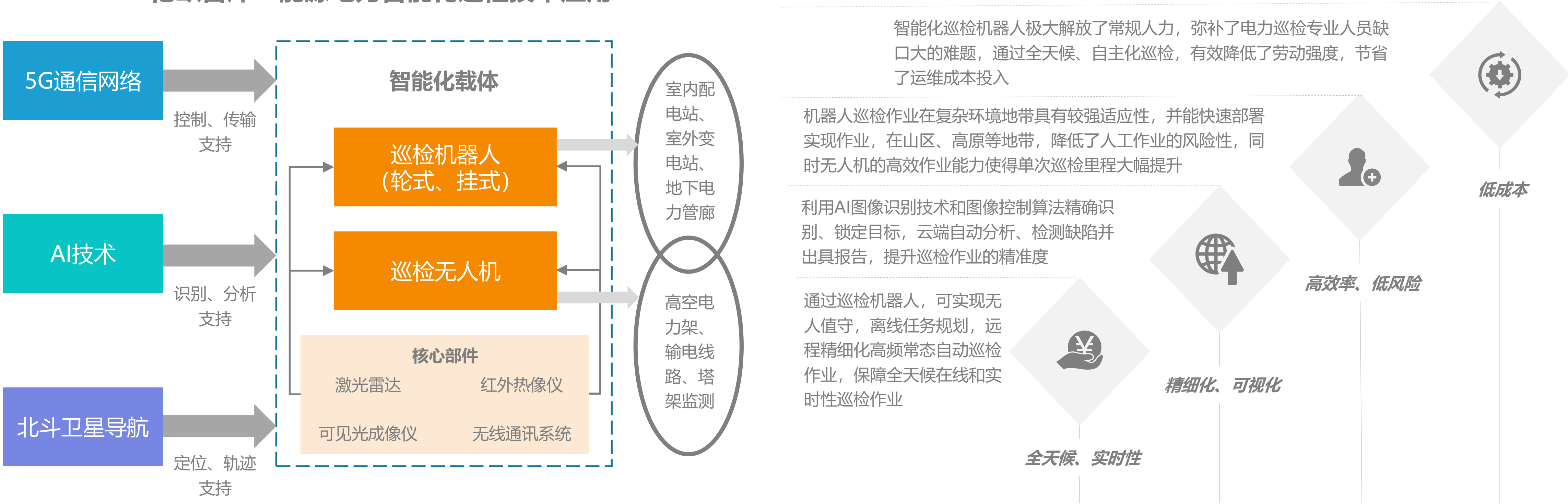
劳动强度大	工作效率低	检测质量分散
工作风险高	人力成本高	巡检手段单一
经验主观性强	数据管理分散	全天候实时性弱

➢ 人工巡检存在着诸多不足，传统人工巡检方式存在劳动强度大、工作效率低、检测质量分散、手段单一等不足，人工检测的数据也无法准确、及时地接入管理信息系统，且较多依靠员工经验主观性，而且山区、高原等地段，同样增加了人员的风险性

智能巡检—新兴技术应用助力电力巡检智能化发展

- 随着电网自动化的深入，智能化巡检成为必然趋势，以巡检机器人、巡检无人机为载体的智能化设备快速应用，通过结合5G、AI、卫星导航等技术，对输配电设备及线路实行智能化巡检，依托AI技术的精准识别和智能分析，大幅提升巡检作业的效率和水平。
- 巡检类机器人受地理环境和天气环境等客观因素影响较小，并且在充电仓的支持下，能够实现全天候、无人化作业，而随着技术不断成熟，其应用功能丰富度也在不断完善，通过智能化机器载体的大规模部署将对电力领域巡检智能化和数字化升级起到支撑作用。

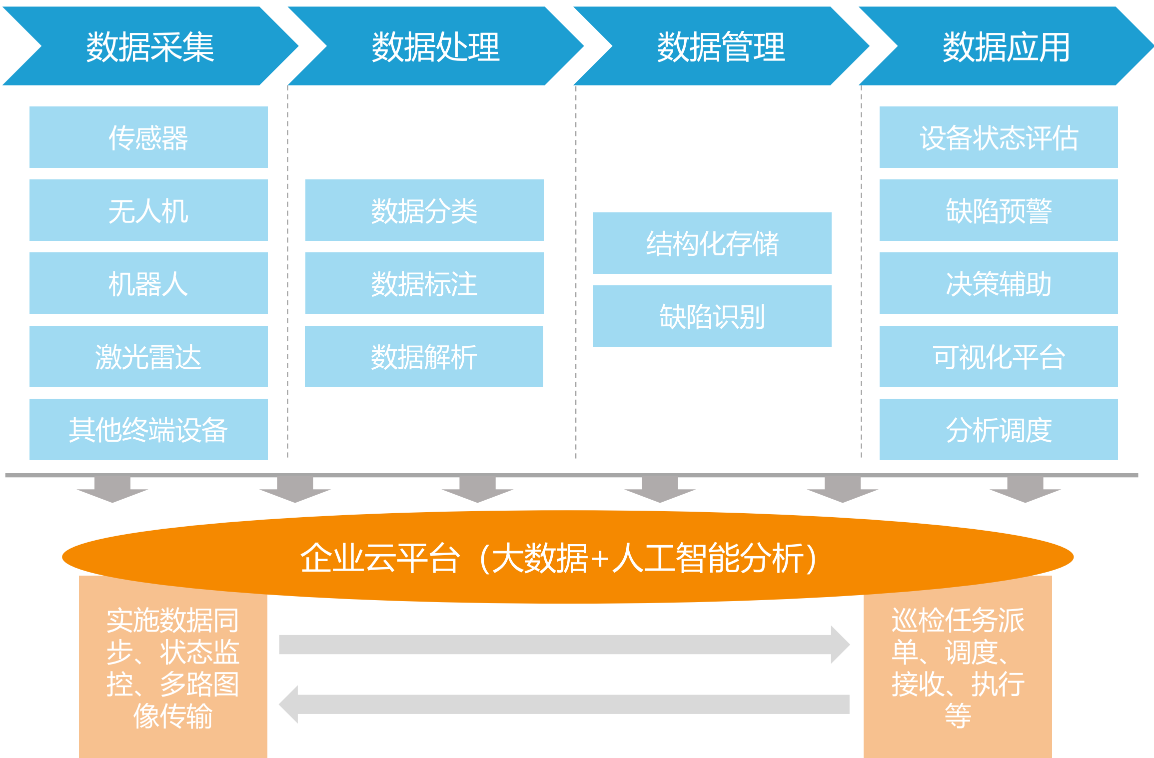
亿欧智库：能源电力智能化巡检技术应用



智能巡检—依托数据赋能的巡检数字化应用有效提升巡检水平和反馈决策效率

- 通过信息技术的创新应用，电力巡检分别实现了巡检的信息化、自动化和智能化，而在向数字化进阶中，则需使数据流接通电力企业云平台，并以此为依托实现巡检状态的实时回传分析，作出快速预警反馈，从而能对电力系统运行进行精准的数字化监测和评估；企业云平台巡检数据的有效积累再结合AI技术的不断优化，极大降低了巡检中的错检、漏检概率，并及时助力企业采取有效措施。

亿欧智库：数字化智能巡检方案



降低成本

通过利用5G技术，可实现多机协同全景拍摄，减少图像漏拍等失误，整体来看能够节约30%-90%的成本

提高效率

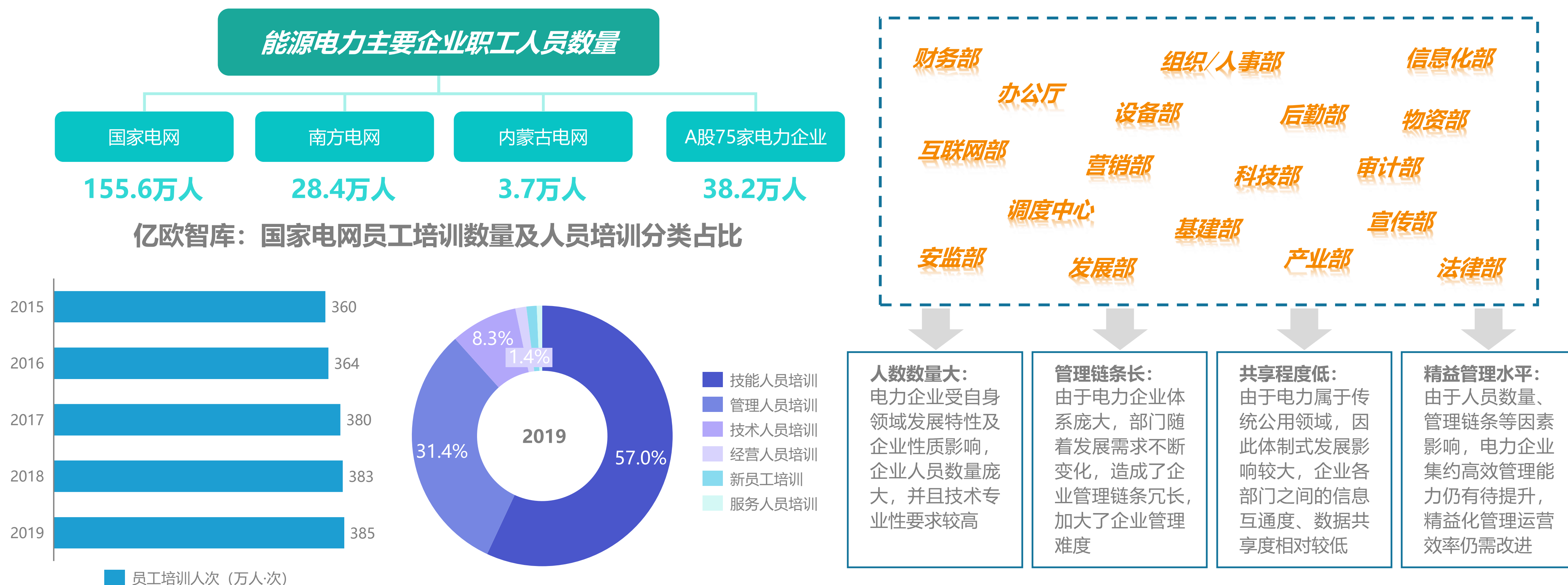
依托5G通信传输与地面指挥管理系统的协同作业，对实施问题点进行图像复采集，并快速借助AI技术进行分析检测，使得巡检效率可以提升40-80%

反馈决策

将无人机、机器人巡检与人工智能技术融合，有效提高巡检工作质效，同时基于企业云平台，对大量原始数据进行整合分析，可为预防性维护提供重要支撑，有利于快速反馈决策，保障电力供应运行稳定

创新管理—电力企业部门冗杂及人员庞大，信息化建设持续投入但集约性、高效性、精益化水平仍有待提升

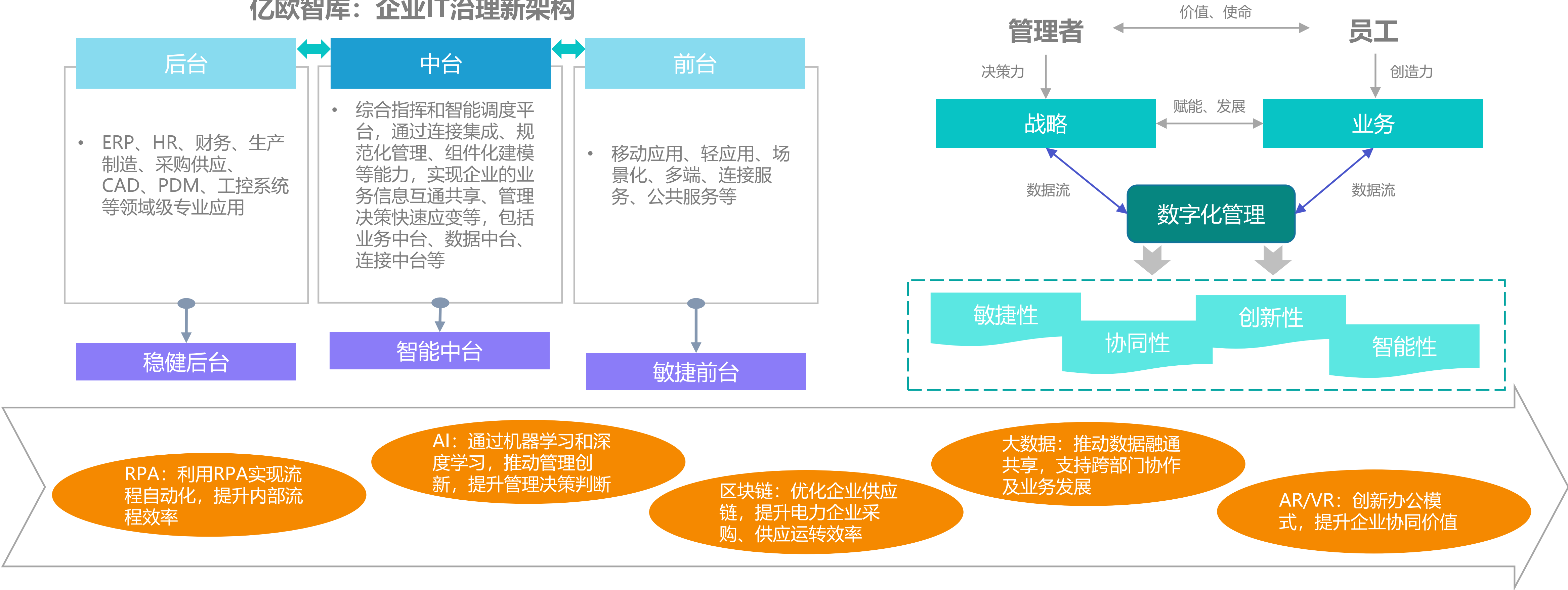
◆ 电力企业以央企为核心代表，不同阶段经历了多次体制改革，然而电力企业人员和资产依然庞大且复杂，粗放式发展有所改善但仍难实现大规模化精益提升；部门间错综复杂和人员专业性要求严苛，对企业管理造成了极大挑战，同时也对企业的综合效率产生了一定影响。由于电力体制的内在约束，在互联网和数字化发展阶段，电力企业的灵活性和高效集约性都面临着较大挑战。



数据来源：国家电网，南方电网，内蒙古电网，Choice

创新管理—数字化中台结合数字化技术赋能企业管理创新，提升企业数字化管理水平

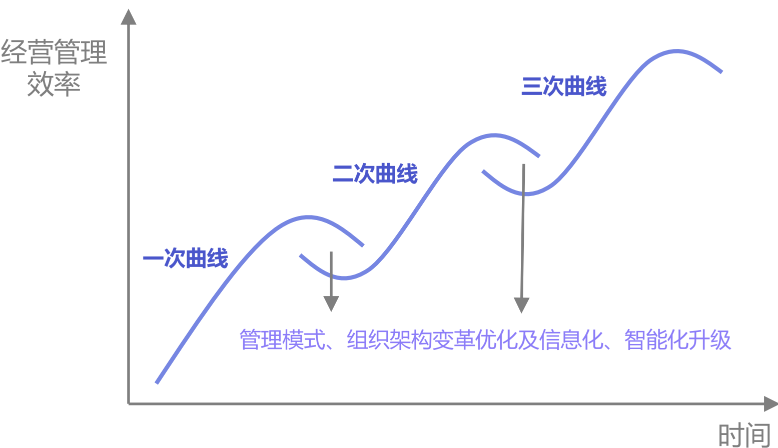
◆ 随着数字化的深入，企业IT架构伴随技术发展不断升级更新，对于大型集团企业而言，搭建高效的协同运转中台同时配合数字化技术应用，对企业综合管理效率将会有极大提升，从战略层面和业务层面推动企业数字化管理革新，实现企业运营管理的效果最优化、效能最大化，从而帮助企业在敏捷性、协同性、创新性和智能性方面持续精进。



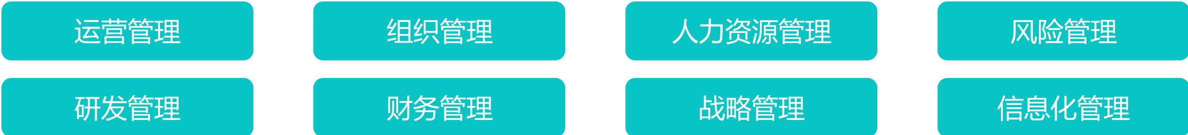
参考资料：《致远互联数字化协同运营中台白皮书》《大型集团性企业的中台战略》

创新管理—数字化管理成为能源电力企业内部架构优化、效率提升的重要手段，创造性变革推动企业经营管理效率全新增长

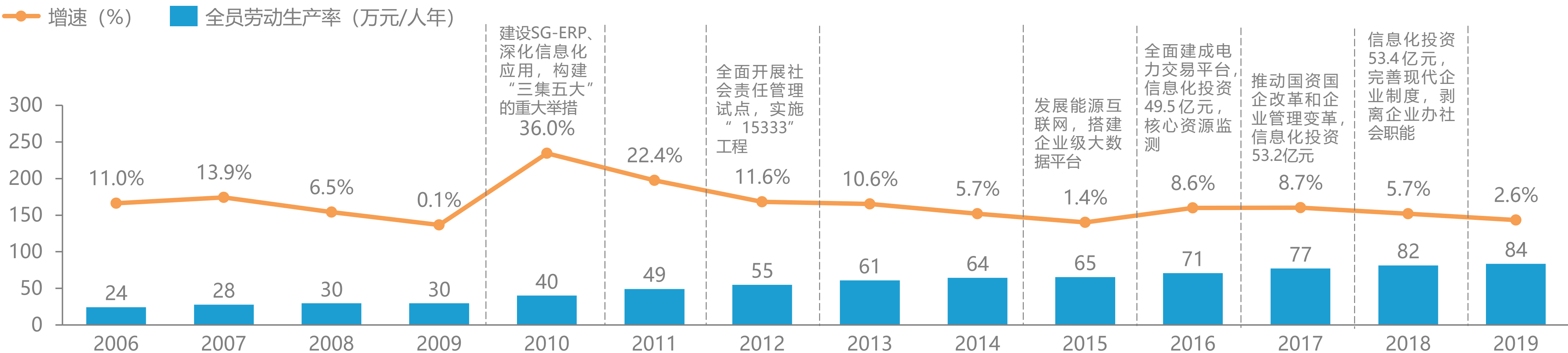
亿欧智库：企业可持续性增长曲线



- 企业可持续性增长曲线体现了企业内部管理效率随着时间发展而产生的波动增长，一定程度上反映了企业的发展水平，除与企业自身产品生命周期具有一定关联外，主要受企业内部管理模式、管理战略和信息化变革等影响。
- 能源电力是较早开展内部信息化提升的领域之一，国家电网早在2010年左右便完成了内部基础信息化建设，并深化ERP等系统应用，2015年左右搭建企业级的大数据平台，随后不断加大信息化投资和管理体制变革，其内部劳动生产率随着不同阶段的管理变革，增速变化明显。
- 未来，在宏观经济增长放缓以及电力转型的大背景下，电力领域企业内部管理效率提升需更多依靠数字化手段，通过搭建企业数字化平台，在信息化基础上挖掘数据价值，从而推动组织架构、人力资源、财务等方面的转型提升。



亿欧智库：2006-2019年国家电网全员劳动生产效率变化



数据来源：国家电网

创新管理—数字化管理探索引领电力企业创新发展

- 数字化管理变革是对企业架构的重塑，是综合人员、业务、IT、财税等环节的巨大转变，对企业文化理念、管理模式、业务模式、商业模式、治理形态都将产生重大影响，能源电力作为公用事业重大领域之一，企业体量和企业体制在新时期背景下都面临着转变提升，数字化创新管理是促进企业健康、高效运作的关键手段，理解数字化管理、探索数字化管理是电力企业动能提升和转型突破的新路径。

数字化管理创新探索方向



数字化投资

企业首先要明晰自身定位，核准数字化管理转型方向，判断数字化转型所带来的价值转换，并以此衡量数字投资对效率改良所带来的提升水平，如何通过数字化改进内部管理模式赋能业务发展，是数字化投资回报的最大评判标准



数字化IT和OT架构

采用先进的IT和OT架构，优化电力组织内部体系，打通各环节数据流，探索互联网模式下的管理方式，最大价值发挥内部数据共享的协同优势，促进敏捷性和灵活性业务转变



数字化工作方式

运用数字化技术，探索新型技术赋能下的工作形态，人员、流程、工具如何有效统一运用，精简流程环节，改良工作方式，推动传统用工模式得到大幅转变



数字化人才培养

人才是企业发展的根本推动力，企业数字化转型需要大量的数字化人才支撑，建立完善的数字人才培养体系，提高员工数字化能力和素质，激发创新活力



数字化管理思维

数字化思维对管理决策和管理效率具有重大意义，如何理解数字化，更好的提升数字化发展认知，是对企业管理者的重大考验，同时也是各管理层级更好发挥数字化转型价值的内在表现，通过基层管理提升促进效率全面变革

能源生态服务—清洁能源持续性增长及“碳中和”发展使命使能源生态服务复杂性不断提升

- 中国综合能源市场起步晚，综合能源市场生态服务建设经验仍有待提升，当下能源电力上下游产业链尚未打通，并且随着新能源的大规模建设和分布式电源技术发展，产业服务生态将不断衍生，因此能源电力服务在顶层设计、资源整合、绿色金融、精准体验方面仍需持续探索，对于新的市场挑战，需不断加强数字化建设和机制引导，助力绿色能源服务全面开展。

能源生态服务新挑战

能源革命进程持续深入，新能源和新兴技术融合成为推动能源电力行业上升发展的必然通道，分布式电源、储能技术、微电网等电力架构调整加大了电力系统的复杂程度，同时对产业上下游关系、产业资源共通共享、电力市场建设、交易机制完善都提出了新的挑战，如何通过数字化整合能源生态，实现全流通、全场景、全服务的生态价值体系，成为能源服务不断探索的重要使命。

清洁能源消纳

弃水、弃风、弃光的问题不同程度地存在，清洁能源消纳问题较为明显

调峰辅助

调峰和备用辅助服务市场机制尚未健全，电源承担调峰、备用任务的积极性不高，难以充分激励火电灵活性改造和调峰/储能电源建设

灵活交易

远距离送受电、跨区电力灵活交易等机制不够健全，造成了大量的能源资源送出受出受限

能源边际成本

现货市场尚未完全建立，可再生能源发电边际成本低的优势得不到充分发挥

能源分布差异

受地域影响及经济水平不同影响，导致供给与需求不协调、清洁能源消纳受限、发电机组成本回收困难

电力市场管控

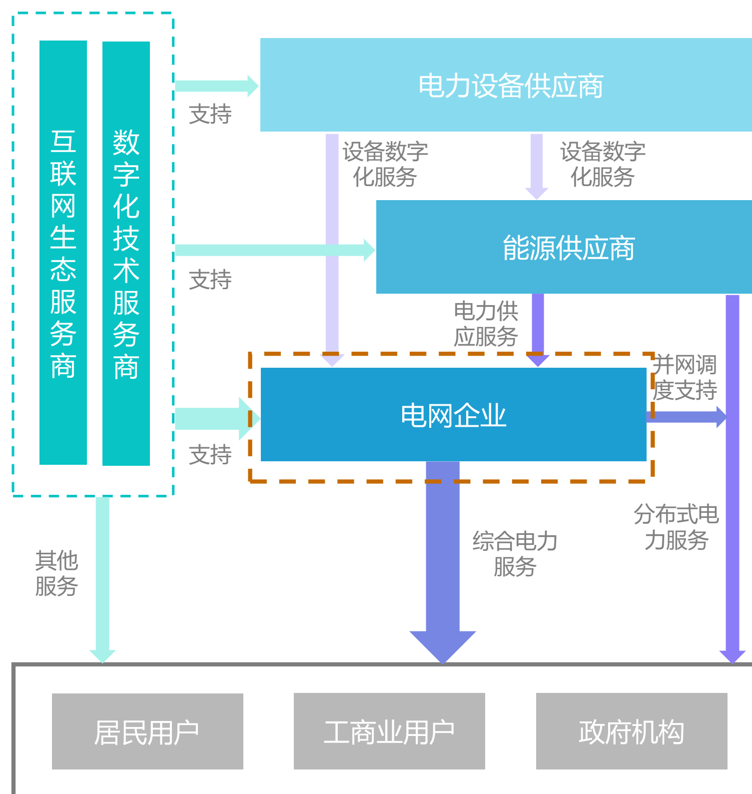
“计划式”电力规划和发用电核定使电力价格受到严格管控，灵活市场机制的缺乏制约了电力资源的利用效率，限制了高效机组发电空间

参考资料：《中欧电力市场和电力系统》，公开资料整理

能源生态服务—数字化技术加持的综合能源服务边界和服务价值将不断提升

◆ 数字化技术为能源服务升级提供了有效支撑，依托互联网生态和数字化技术不断丰富的综合能源服务生态成为能源服务数字化转型的关键考验，除满足最终客户多元化、差异化、个性化需求外，还应在能源系统效率、边际用能成本上不断优化，拓宽能源服务主体边界，构建新型服务生态经济圈，发挥数字化服务转型后的商业价值。

亿欧智库：能源电力数字化服务参与主体



- 依托数字化技术支持，能源电力参与方在产业关系、服务模式方向将出现不同程度的调整变化，本质核心为全面推动能源电力数字化转型，共同搭建综合能源服务生态，提供全周期、全方位的数字化服务
- 综合能源数字化服务生态以电网企业为核心轴，以终端用户为首要目标，提供全新的商业服务体验，除此之外，能源服务生态纵向之间关联紧密，生态服务商数字化转型相互依托，成为推动能源服务变革的中坚力量

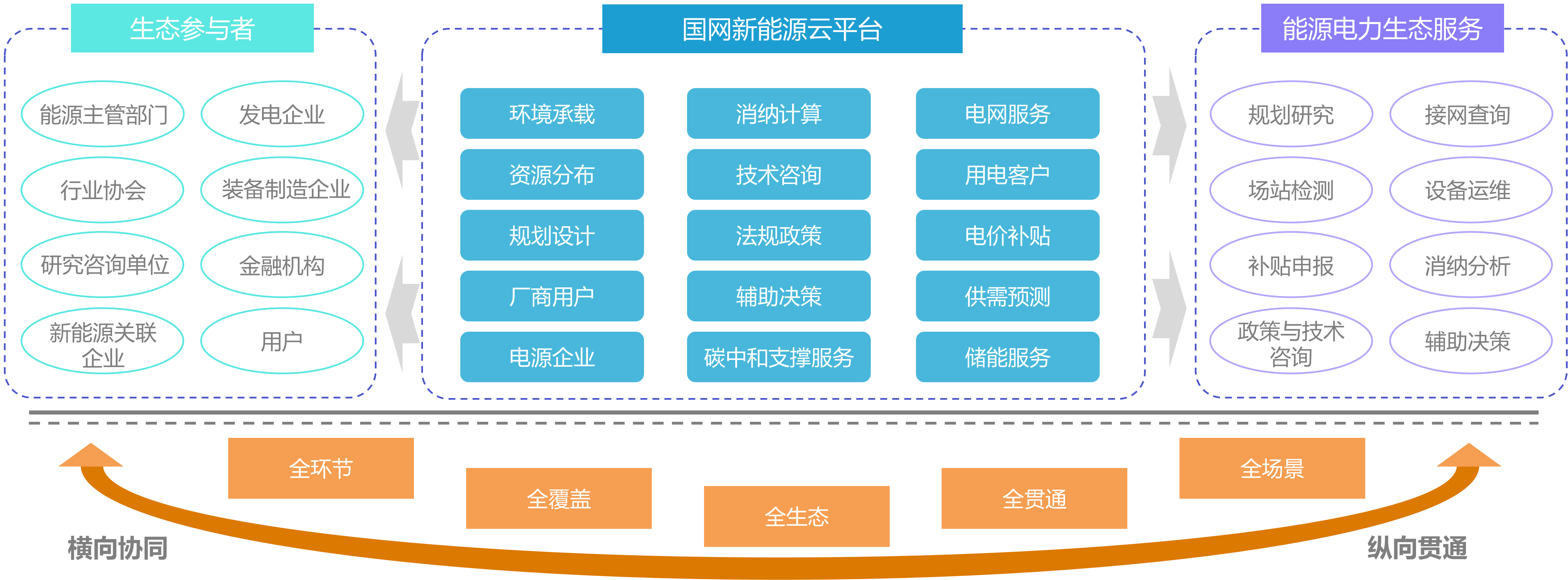
亿欧智库：综合能源数字化服务生态



能源生态生态服务—融合了数字化技术和能源全产业链的能源数字经济平台将发挥关键性枢纽作用

- 国网新能源云是新一代信息技术与新能源全产业链深度融合的新能源数字经济平台，以用户需求为核心导向，建立了贯穿全生态、全场景的开放服务体系，以“数字驱动”方式实现新能源管理和服务全流程贯通，以关键枢纽作用促进服务价值创造。

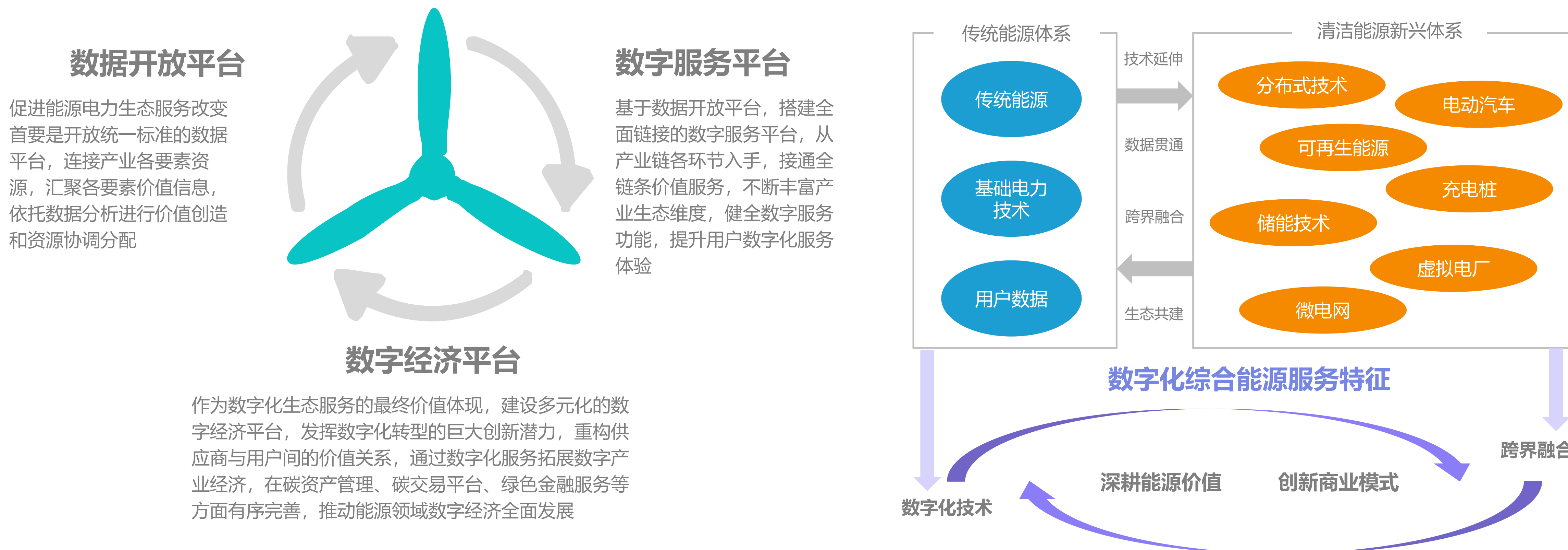
亿欧智库：国网新能源数字经济平台生态圈



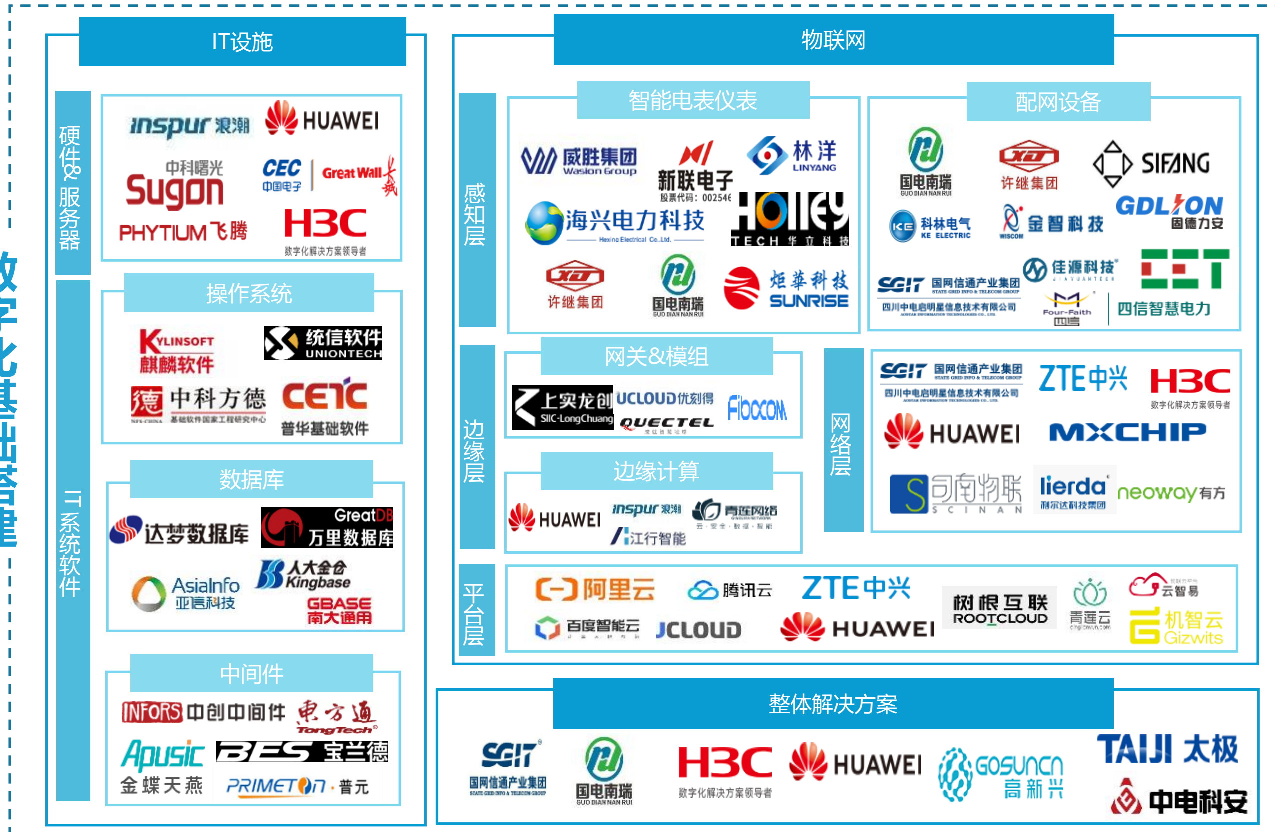
参考资料：公开资料整理

能源生态服务—基于数字化提升的综合能源生态服务在重塑用户体验同时，将加速能源商业价值模式创新

- 未来，随着可在生能源的大规模开发利用，以分布式、储能等为代表的新兴能源技术及基础设施将快速发展，而且基于新的数字化技术也将提供全新的商业化服务，此时综合能源生态服务需要兼顾传统能源和清洁能源的发展特性，通过搭建数据开放平台、数字服务平台、数字经济平台，实现能源价值的深耕挖掘，朝着绿色能源的发展路径创新商业模式，促进跨界生态合作并提升用户体验。



能源电力数字化转型服务商产业图谱





数字化服务创新



来源：亿欧智库

复亚智能：无人值守自主飞行核心技术赋能生产力效率提升，使能多元化巡检巡逻场景

FOiA 复亚智能
自动飞行赋能生产力

- 复亚智能成立于2018年，专注于工业无人机全自动飞行系统研发，以自动飞行算法、自动机场赋能工业无人机，使其无需人工干预全自动飞行作业，替代人工与飞手巡检巡逻，提高效率降低成本。
- 复亚智能已构建出以硬件产品体系为基础、软件系统为支撑，综合业务平台为载体的无人化自主飞行巡检生态体系，并结合5G、人工智能、云计算、大数据的创新优势，率先实现大规模化商业应用。

亿欧智库：复亚智能无人化飞行服务生态体系



复亚智能：自动飞行算法、云端识别诊断、无人机机场为企业智能化巡检提供整体方案，助力能源巡检数字化转型

- 复亚智能基于自主核心的机载AI飞行大脑，以无人机自动机场为依托，实现无人机自主飞行、自动起降、自动充换电等智能化操作；同时，通过大规模数据集的识别分析，向用户提供全自主无人机数字化巡检产品。
- 通过“AI+无人机飞行算法”的研发深耕，复亚智能在标准化、精细化巡检方向不断取得突破，结合AI数据分析及云服务应用，赋能企业数字化巡检业务开展，已在多个能源相关场景落地。

亿欧智库：复亚智能无人机数字化巡检模式

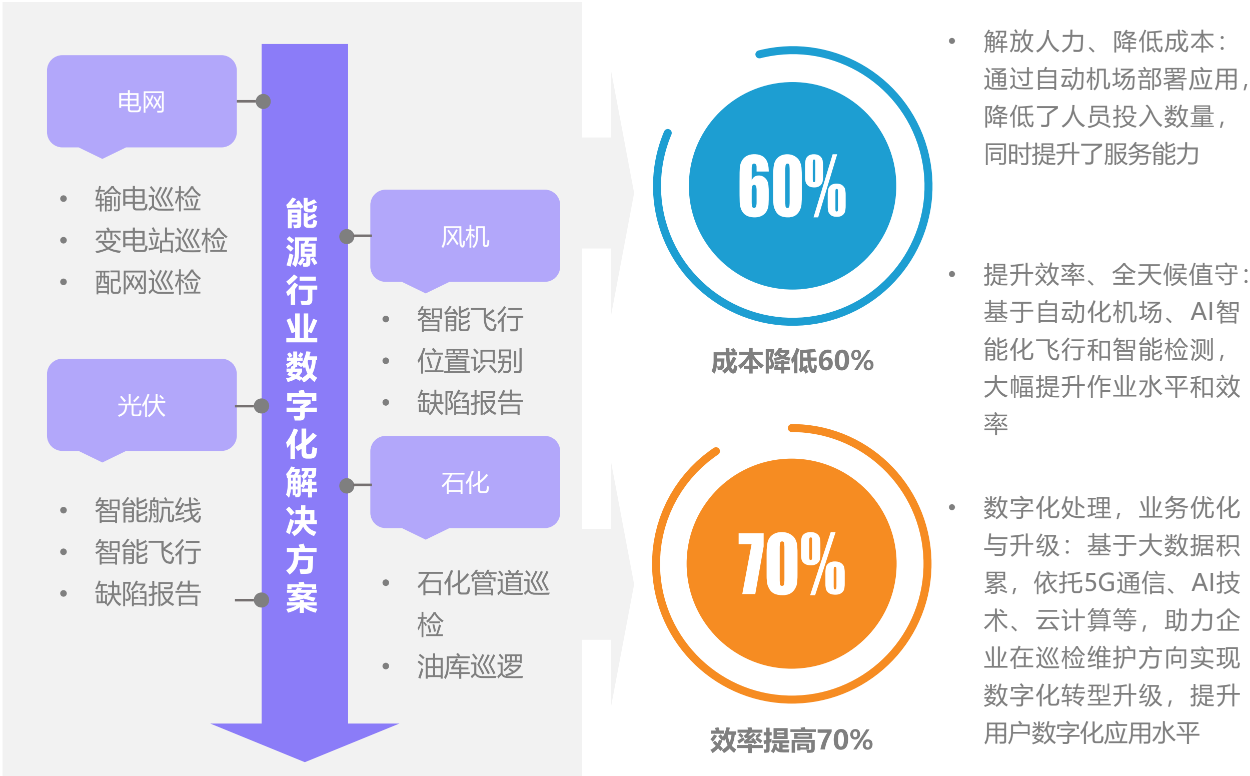
	多重安全策略	智能航线规划
输电线路精细化巡检 变电站精细化巡检	• 一键返航 • 低电压返航 • 多向自主避障 • 禁飞区	• 预设航线组 / 实时自主路径规划 • 断点续飞 • 一键生成应急航线 • 照片自动命名并检测缺陷

	风机位置识别	智能飞行	缺陷巡检报告
风机	• 自动生成航线 • 不停机拍照 • 红外双光切换	• 航线自动选择 • 航线定时预约 • 自动上传图片	• AI缺陷检测 • 一键生成报告 • 通用接口集成

	智能航线规划	智能飞行	缺陷巡检报告
光伏	• 自动生成航线 • 不停机拍照 • 红外双光切换	• 航线自动选择 • 航线定时预约 • 自动上传图片	• AI缺陷检测 • 一键生成报告 • 通用接口集成

现场自动化 → 前端数字化 → 飞行自动化 → 后端数字化 → 数据处理自动化

亿欧智库：复亚智能场景巡检数字化应用及价值优势

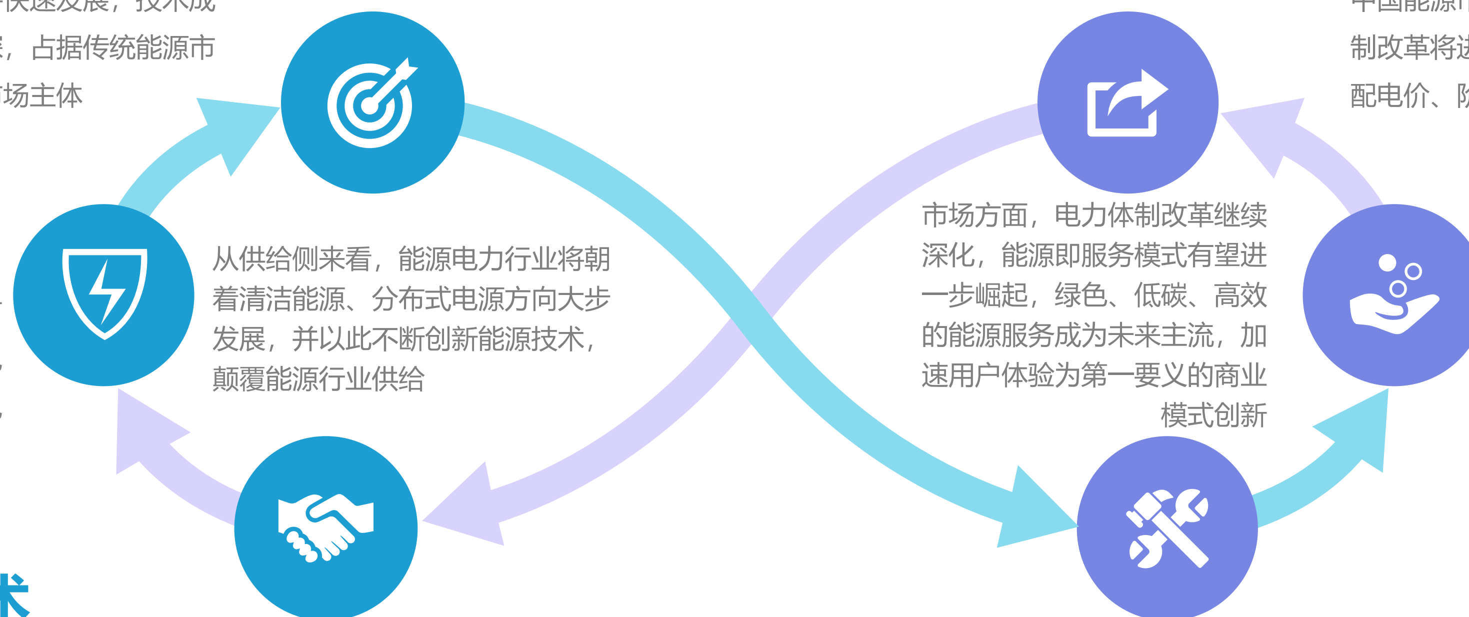


五、能源电力数字化转型展望及建议

Prospects and Recommendations

能源行业发展趋势

- “十四五”期间，清洁能源将成为中国能源领域的重要发展部分，助力国家能源转型和“碳中和”目标实现，绿色能源将成为构建智慧能源体系、推动绿色数字经济发展的核心方向，与之相对应的分布式技术、新兴技术等将快速推动产业整合；能源市场围绕能源形态变革，在市场机制和市场功能上将持续深入完善，能源服务立场日益鲜明，商业化服务方式更加多元丰富。



清洁能源

清洁能源发电将快速发展，技术成本有望继续下探，占据传统能源市场份额并成为市场主体

能源市场

中国能源市场改革持续深入，电力体制改革将进一步深化，竞价上网、输配电价、阶梯电价等改革将持续优化中国能源市场

分布式利用

伴随储能技术和微电网发展，分布式电源将逐步推广，围绕分布式电源应用形成新的产业生态，加速电网整合

能源服务

能源互联网建设积累和电力企业数字化转型将加速能源服务多元化发展，配合清洁能源、分布式电源应用，促进电力服务商业模式革新

新兴技术

新兴技术将分层次赋能电力变革，颠覆性技术不断涌现，核能、储能、燃料电池、氢能等技术将不断创新，先进材料将持续助力效率提升

绿色低碳

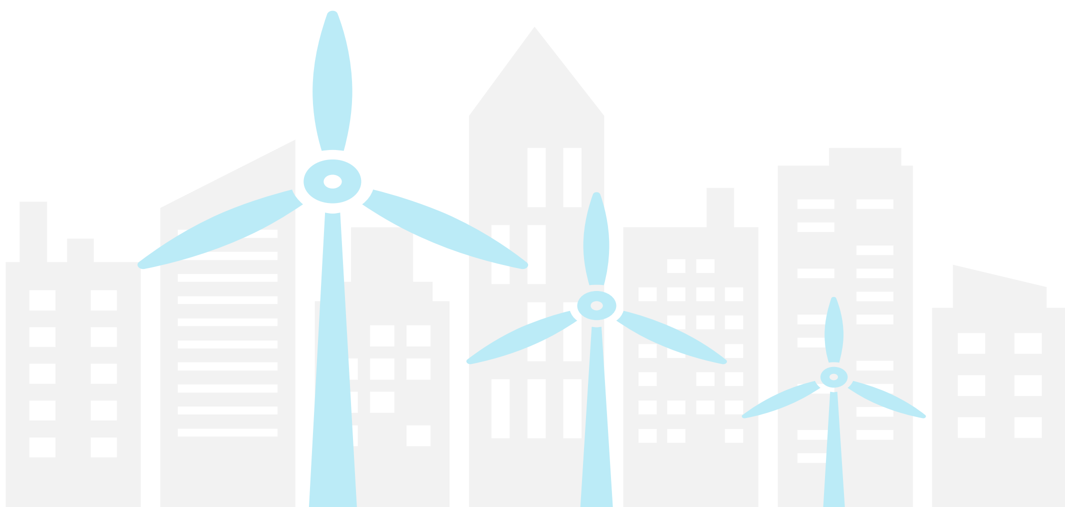
低碳环保成为全球国家发展共识，“碳中和”远景目标将构建新的产业格局，推动能源转型和产业转型，形成绿色低碳循环经济体系

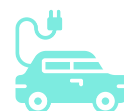
能源电力数字化转型关键挑战

◆ 在能源变革深入影响下，能源电力领域数字化转型地位和转型迫切度持续提高，数字化转型成为应对能源危机和提升能源供应稳定的重要手段，作为数字化技术融合应用的综合体现，电力企业在数字化转型方向、转型路径、转型模式上均面临着严峻考验。

能源电力数字化转型六大关键挑战

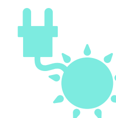
数字化转型为能源创新升级提供了全新机遇，但同时也面临着巨大挑战。清洁能源和分布式技术的发展加速了能源供给形式分化，新能源的大规模推广应用依然存在诸多考验，如长时间稳定供给及恶劣突发性调控；同时，数字化转型作为电力企业数字化技术融合应用的重大实践，在转型思路和转型方式上都是全新探索，如何衡量企业数字化转型带来的能源价值变现和商业价值提升均是转型成果的重大挑战。





数据壁垒

如何打通内部业务数据，对接外部多方渠道，同时挖掘数据价值，成为电力企业数字化转型的首要挑战



技术创新

如何准确发挥技术价值，引入符合实际需求的新兴技术，成为企业效率提升的重要考量



服务水平

如何通过数字化转型提升企业服务水平，创新数字化服务内容，建立标准化服务衡量体系，是数字化转型成果的实际体现



管理架构

企业内部管理实现最优化，推进ERP、人力资源、财务、营销、风控等业务全面数字化整合，降低管理成本、提升管理效率，是数字化转型后的“精益化”表现



战略方向

如何保障企业数字化转型辅助企业战略决策，找准电力企业在能源革命中的自身定位及发展方向，是传统能源及新能源企业共同的发展命题，也是构建数字化能源生态的关键思考



商业模式

数字化转型的终极目标是价值提升，发挥数字化转型对商业形态的创新改变，是能源电力企业数字化转型的本质意义，更是实现企业转型竞争力的优势体现

能源电力数字化转型发展建议



科学制定转型规划

电力企业数字化转型牵一发而动全身，因此转型之初应做好顶层设计，科学制定转型路径规划，学习借鉴国内外成熟方案，理论指导实践，构建系统转型蓝图及数字化转型提升目标，明确数字化转型发展的优先级

统一建设方向

结合转型规划，电力企业应统一建设方向，明确建设标准，促进企业内部跨部门协作、企业外部跨领域协调，构建企业核心数字化转型部门，共享标准数据信息，避免重复性方案和反复性用功，规避数字化转型过程中的资源内耗



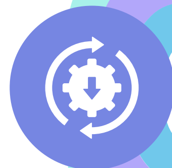
创新数字服务形态

发挥数字化转型核心价值，数字化转型应内外兼顾，从而最终作用于电力企业商业服务创新和价值创造，关注能源即服务等全新服务形态，摸索企业自身服务价值，提供专业化、差异化电力服务体验



提升风险管控手段

重视企业数字化转型中的潜在风险，面对快速更迭的能源技术和新兴技术，电气企业在数字化转型中应提前重视风险把控，提升风险管控手段，利用人工智能等技术搭建风险模型，发挥数字化转型的长期价值



有序融入数字能源生态

电力企业在建立自身生态体系同时，根据实际转型发展阶段，有序融入能源数字生态，分期完善数字化生态建设，共同构建合作共赢的能源数字经济平台，广泛开展跨界联动，推动能源数字产业经济发展壮大

团队介绍和版权声明

亿欧智库

◆ 团队介绍：

亿欧智库（EqualOcean Intelligence）是亿欧EqualOcean旗下的研究与咨询机构。为全球企业和政府决策者提供行业研究、投资分析和创新咨询服务。亿欧智库对前沿领域保持着敏锐的洞察，具有独创的方法论和模型，服务能力和质量获得客户的广泛认可。

亿欧智库长期深耕科技、消费、大健康、汽车、产业互联网、金融、传媒、房产新居住等领域，旗下近100名分析师均毕业于名校，绝大多数具有丰富的从业经验；亿欧智库是中国极少数能同时生产中英文深度分析和专业报告的机构，分析师的研究成果和洞察经常被全球顶级媒体采访和引用。

以专业为本，借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势，亿欧智库的研究成果在影响力上往往数倍于同行。同时，亿欧EqualOcean内部拥有一个由数万名科技和产业高端专家构成的资源库，使亿欧智库的研究和咨询有强大支撑，更具洞察性和落地性。

◆报告作者：



刘玉豪

亿欧智库高级分析师

Email：liuyuhao@iyiou.com

◆报告审核：



常亮

亿欧科技执行总经理

Email：changliang@iyiou.com

团队介绍和版权声明

◆ 版权声明：

本报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于智库的专业理解，清晰准确地反映了作者的研究观点。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。本报告的信息来源于已公开的资料，亿欧智库对该等信息的准确性、完整性或可靠性作尽可能的追求但不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映亿欧智库于发布本报告当日之前的判断，在不同时期，亿欧智库可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。亿欧智库不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，亿欧智库对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者可自行关注相应的更新或修改。

本报告版权归属于亿欧智库，欢迎因研究需要引用本报告内容，引用时需注明出处为“亿欧智库”。对于未注明来源的引用、盗用、篡改以及其他侵犯亿欧智库著作权的商业行为，亿欧智库将保留追究其法律责任的权利。

◆ 关于亿欧：

亿欧EqualOcean是一家专注科技+产业+投资的信息平台和智库；成立于2014年2月，总部位于北京，在上海、深圳、南京、纽约有分公司。亿欧EqualOcean立足中国、影响全球，用户/客户覆盖超过50个国家或地区。

亿欧EqualOcean旗下的产品和服务包括：信息平台亿欧网（iyiou.com）、亿欧国际站（EqualOcean.com），研究和咨询服务亿欧智库（EqualOcean Intelligence），产业和投融资数据产品亿欧数据（EqualOcean Data）；行业垂直子公司亿欧大健康（EqualOcean Healthcare）和亿欧汽车（EqualOcean Auto）等。

亿欧服务

- 基于自身的研究和咨询能力，同时借助亿欧网和亿欧国际网站的传播优势；亿欧EqualOcean为创业公司、大型企业、政府机构、机构投资者等客户类型提供有针对性的服务。

- 创业公司

亿欧EqualOcean旗下的亿欧网和亿欧国际站是创业创新领域的知名信息平台，是各类VC机构、产业基金、创业者和政府产业部门重点关注的平台。创业公司被亿欧网和亿欧国际站报道后，能获得巨大的品牌曝光，有利于降低融资过程中的解释成本；同时，对于吸引上下游合作伙伴及招募人才有积极作用。对于优质的创业公司，还可以作为案例纳入亿欧智库的相关报告，树立权威的行业地位。

- 大型企业

凭借对科技+产业+投资的深刻理解，亿欧EqualOcean除了为一些大型企业提供品牌服务外，更多地基于自身的研究能力和第三方视角，为大型企业提供行业研究、用户研究、投资分析和创新咨询等服务。同时，亿欧EqualOcean有实时更新的产业数据库和广泛的链接能力，能为大型企业进行产品落地和布局生态提供支持。

亿欧服务

◆ 政府机构

针对政府类客户，亿欧EqualOcean提供四类服务：一是针对政府重点关注的领域提供产业情报，梳理特定产业在国内外的动态和前沿趋势，为相关政府领导提供智库外脑。二是根据政府的要求，组织相关产业的代表性企业和政府机构沟通交流，探讨合作机会；三是针对政府机构和旗下的产业园区，提供有针对性的产业培训，提升行业认知、提高招商和服务域内企业的水平；四是辅助政府机构做产业规划。

◆ 机构投资者

亿欧EqualOcean除了有强大的分析师团队外，另外有一个超过15000名专家的资源库；能为机构投资者提供专家咨询、和标的调研服务，减少投资过程中的信息不对称，做出正确的投资决策。

◆ 欢迎合作需求方联系我们，一起携手进步；电话 010-57293241，邮箱 hezuo@iyiou.com



亿欧智库

网址：https://www.iyiou.com/research

邮箱：hezuo@iyiou.com

电话：010-57293241

地址：北京市朝阳区霞光里9号中电发展大厦A座10层